Produzione integrata

I. Pertot, R. Moser, Y. Elad

L'oidio della fragola

SafeCrop

Istituto Agrario di San Michele all'Adige
SafeCrop Centre

Produzione integrata

Il Centro SafeCrop, dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN), promuove e divulga i risultati delle sue attività di sperimentazione per mezzo di una collana di **pubblicazioni gratuite,** dedicate all'imprenditore agricolo e al personale tecnico. Esse presentano gli ultimi aggiornamenti sulla biologia ed epidemiologia di vari patogeni che interessano la vite e la fragola. Nei volumi sono descritte **le malattie e le tecniche di difesa integrata,** le strategie a basso impatto impiegabili in agricoltura biologica e i risultati di alcune sperimentazioni effettuate in Trentino e in altre regioni italiane. Questo documento è disponibile:

1. in **formato elettronico** sul sito web di SafeCrop
2. in **formato cartaceo** (libretto) direttamente presso il Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige oppure compilando il **modulo di richiesta**, scaricabile dal sito web di SafeCrop, indicando quali pubblicazioni si desiderano e inviandola, assieme al corrispondente francobollo di posta prioritaria per i soli costi di spedizione, al *Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, via Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige (TN)*

Collegamento per scaricare il modulo di richiesta:
http://www.safecrop.org/download/free_publications/richiesta_pubblicazioni.pdf

I. Pertot, R. Moser, Y. Elad

L’oidio della fragola

Istituto Agrario di San Michele all’Adige

Indice

Introduzione

Negli ultimi anni in provincia di Trento la coltivazione della fragola ha avuto una continua crescita. L'incremento è stato favorito dall'introduzione di nuove tecniche colturali fuori suolo in tunnel, che permettono migliori rese qualitative e la programmazione delle produzioni. Queste tecniche colturali diminuiscono inoltre l'incidenza dei marciumi dei frutti e di molte malattie dell'apparato radicale, riducendo drasticamente l'utilizzo dei normali trattamenti fungicidi. Purtroppo assieme ai benefici produttivi e qualitativi, questo nuovo metodo colturale causa un incremento dell'oidio, anche noto come "mal bianco".

L'oidio è una malattia fungina che, a partire da poche sorgenti d'inoculo, si propaga rapidamente nelle coltura grazie alla moltitudine di spore prodotte dal patogeno. I danni possono essere notevoli, in quanto la colorazione del frutto può risultare alterata e la sua conservabilità ridotta. Questa malattia è tipica dei paesi mediterranei e dei climi temperati asciutti, in quanto il fungo è ostacolato nella sua germinazione dalla presenza di acqua. I tunnel che proteggono egregiamente i frutti di fragola nei confronti della muffa grigia e numerose altre malattie sono quindi controproducenti nei confronti dell'oidio, poiché prevengono l'effetto inibente che la pioggia ha sul fungo. L'odio è quindi diventato la malattia chiave nella difesa fitosanitaria della fragola sotto tunnel, con un grosso impegno per l'agricoltore.

Il libro nasce da una ricerca condotta dal Centro SafeCrop, in collaborazione con il Volcani Center in Israele, orientata a definire le condizioni ottimali di sviluppo della malattia, il migliore momento d'intervento contro il patogeno con i diversi fungicidi disponibili e le strategie di difesa più efficaci e ad individuare nuove alternative al controllo chimico.

Sintomi e danni

I. Pertot

Fig. 1 - Infezioni precoci sulla pagina inferiore delle foglie

Agente causale

L'oidio della fragola (*Fragaria × ananassa* Duchense) è causato da *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*, un fungo parassita obbligato, che quindi necessita della pianta ospite per sopravvivere. L'oidio è una delle principali malattie della fragola ed è presente in tutte le sue aree di coltivazione (Maas, 1998; Spencer, 1978). Il patogeno può colpire foglie, piccioli, stoloni, fiori e frutti ed è specifico per la fragola.

Sintomi su foglia

Nel periodo successivo l'impianto la presenza del fungo sulle foglie è difficilmente individuabile, soprattutto nelle fasi iniziali dell'infezione. Solo dal momento in cui il fungo inizia la sporulazione è possibile identificare con facilità le prime macchie. Sulle foglie le infezioni precoci sono caratterizzate da piccole aree bianche, dall'aspetto polveroso, che si accrescono in genere sulla pagina inferiore (Fig. 1). Le macchie iniziali hanno generalmente un diametro che va da 0,5 ad 1 mm e sono meglio osservabili se la luce è radente al piano della foglia (Fig. 2). Per il controllo in campo, si consiglia di porsi in modo tale che la luce del sole non sia di fronte e di eseguire il campionamento nelle prime ore del mattino, quando l'umidità della notte rende più visibile la macchia (Figg. 3 e 4). Bisogna prestare attenzione quando è avvenuta un'irrigazione soprachioma, un trattamento o una pioggia nelle ore antecedenti al campionamento, perché le macchie tendono a scomparire o a non essere ben visibili. In seguito, se la pianta non è trattata con fungicidi, le macchie si allargano (Figg. 5 e 6), compaiono macchie anche sulla pagina superiore, fino a ricoprire l'intera lamina fogliare di una polvere biancastra (Figg. 7 e 8). Le foglie fortemente attaccate fin dagli stadi ini-

Fig. 2 - Macchie iniziali sulla pagina superiore

Fig. 3 - Particolare delle macchie iniziali

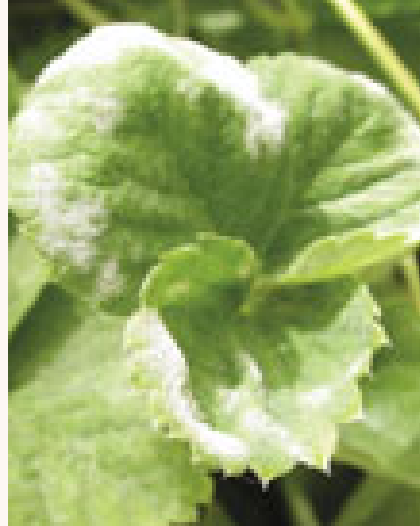
Fig. 4
L'osservazione delle macchie è facilitata dalla luce radente

Fig. 5
Le macchie si allargano se non vengono eseguiti i trattamenti

Fig. 6 - Particolare della macchia nel corso della sua evoluzione

Fig. 7 - Superficie fogliare quasi interamente coperta dall'oidio

Fig. 8 - Foglia completamente attaccata dall'oidio

Fig. 9 - Foglia fortemente attaccata che non si distende normalmente

ziali hanno una crescita ridotta e non si distendono normalmente come le foglie sane (Fig. 9).

Col progredire del tempo i bordi delle foglie infette si curvano verso l'alto (Fig. 10), esponendo la pagina inferiore che spesso è cosparsa di aree rossastre (Fig. 11) e ricoperta da un fungo bianco grigiastro. Le foglie infette poi tendono a diventare color porpora o rosse (Fig. 12), con presenza di macchie particolarmente evidenti in autunno, sulle foglie più vecchie (Fig. 13). L'arrossamento a volte può comparire anche dopo alcuni giorni in seguito ad un attacco del patogeno curato con fungicidi sistemi o zolfo.

Sulle varietà suscettibili la crescita densa di micelio ed i numerosi conidi (spore asessuate) danno alle macchie un aspetto molto polverulento (Fig.

Fig. 10 - Lembi fogliari curvati verso l'alto

Fig. 11 - Comparsa di macchie rossastre sulle foglie in seguito agli attacchi di oidio

Fig. 12 - Foglie che tendono a divenire rossastre con il progredire dell'infezione

Fig. 13 - Macchie rossastre evidenti nella fase finale della malattia

14). In alcune cultivar o in particolari condizioni si forma poco micelio che è difficilmente riconoscibile (Fig. 15). Al suo posto compaiono macchie irregolari giallastre, violacee o rosso-brunastre nella zona colonizzata nella pagina inferiore (Fig. 16) e occasionalmente si evidenziano anche su quella superiore.
In autunno e non in tutti gli ambienti si formano i cleistoteci che si producono anch'essi nella pagina inferiore. All'inizio sono bianchi ed in un secondo tempo, quando maturano diventano neri (Fig. 17).

Sintomi su fiore e frutto

Il fungo può anche attaccare fiori e frutti. Possono venire infettati anche i sepali, da cui poi spesso il patoge-

Fig. 14 - Macchie iniziali, dall'aspetto molto polverulento su una varietà suscettibile

Fig. 15 - Macchie poco evidenti, difficili da riconoscere su una varietà tollerante

Fig. 16 - Sulle varietà più tolleranti la sporulazione è poco evidente

Fig. 17 - Cleistoteci di *S. macularis* formatisi in autunno sulle foglie

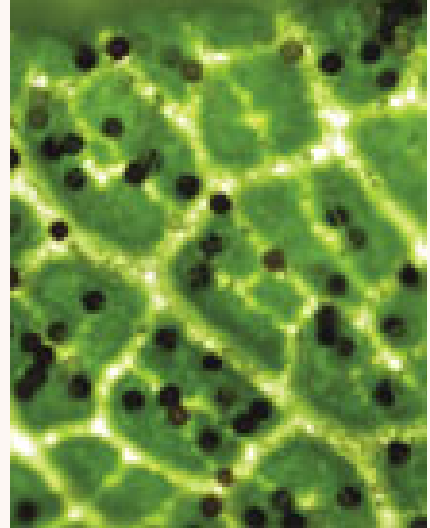



Fig. 18 - Infezione ai sepali, con successivo attacco al frutto

Fig. 19 - Tipica efflorescenza biancastra sui frutti

Fig. 20 Malformazione causata da attacco ai fiori o alle fasi precoci della formazione del frutto

Fig. 21 - Attacco di oidio (destra) a confronto con decolorazioni causate da Lygus (sinistra). Al centro un frutto sano

Fig. 22 Particolare dei semi che tendono a sporgerete in modo anormale sulla superficie del frutto infetto

Fig. 23 - Aspetto tipico di un frutto colpito da oidio, si noti l'alterazioni dei semi

no passa al frutto (Fig. 18). Su fiori e frutti si può avere la comparsa della tipica efflorescenza biancastra (Fig. 19), anche se a volte i fiori risultano danneggiati senza la comparsa di muffa bianca evidente. Alcune varietà rifiorenti possono mostrare sintomi sul frutto anche quando le foglie sembrano sane.

Il fungo può infettare anche i fiori dove può determinarne l'aborto o la formazione di frutti malformati (Fig. 20).

Si possono avere anche delle decolorazioni che però non vanno confuse con le punture dei tripidi o del Ligus (Fig. 21). Sui frutti il fungo produce un micelio rado e diffuso. I semi tendono a sporgere in modo anomalo (Fig. 22) e danno al frutto un aspetto caratteristico e facilmente riconoscibile (Fig. 23). Il frutto colpito in modo lieve è più molle, di colore meno intenso, si conserva meno del frutto sano e tende a marcire (Fig. 24).

Fig. 24 - I frutti infetti hanno in genere colore meno intenso (destra) se confrontati con i frutti sani (sinistra)

I frutti fortemente attaccati dal patogeno ed in condizioni ambientali predisposti la malattia possono andare incontro a spaccature (Fig. 25) e all'insediamento in esse, di funghi agenti di marciume (*Botrytis cinerea, Penicillium, Mucor* e *Rhizopus spp*.).

Danni

Forti attacchi all'apparato fogliare determinano una riduzione della fotosintesi dovuta alla densa copertura del micelio (Fig. 26), che può portare, in seguito, a necrosi e defoliazione (Maas, 1998).

Come conseguenza si ha una riduzione della produzione e dell'accumulo di zuccheri nel fungo con ripercussioni negative sulla produttività e sulla qualità. Le perdite di produzione si hanno però principalmente con le infezioni ai fiori ed ai frutti, che sono suscettibili in tutti gli stadi di sviluppo.

Fig. 25 - Tipiche spaccature causate al frutto dall'oidio

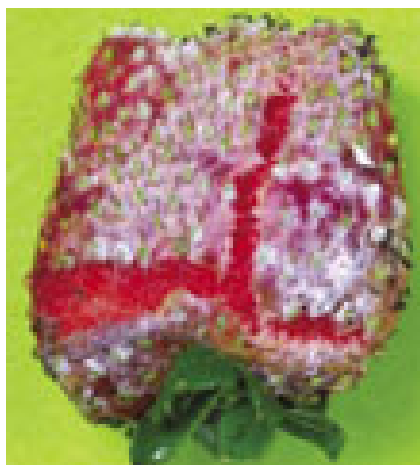



Fig. 26 - Copertura densa di micelio sulla superficie fogliare

Fig. 27 - Esito di un'infezione al fiore

Fig. 28 - Esito di un attacco precoce del fungo durante la prima fase di formazione del frutto

I fiori infetti, oltre ad essere deformati, possono produrre livelli bassi di polline, con conseguenti problemi nell'impollinazione e conseguente ripercussione sulla forma dei frutti. I frutti colpiti quando ancora verdi spesso non maturano uniformemente (Figg. 27 e 28).

Con infezioni precoci, su varietà sensibili e condizioni che predispongono alla malattia, la deformazione del frutto può essere estrema (Fig. 29).

Se l'infezione avviene quando i frutti sono maturi, essi rimangono morbidi, hanno una shelf-life ridotta e semi più piccoli e sporgenti (Spencer, 1978). Si ha quindi una perdita di produzione dovuta agli scarti dei frutti deformati ed una minore qualità dei frutti apparentemente non danneggiati.

Non va dimenticato, inoltre, che i numerosi trattamenti richiesti per prevenire la malattia sono causa dell'aumento dei costi di produzione della coltura.

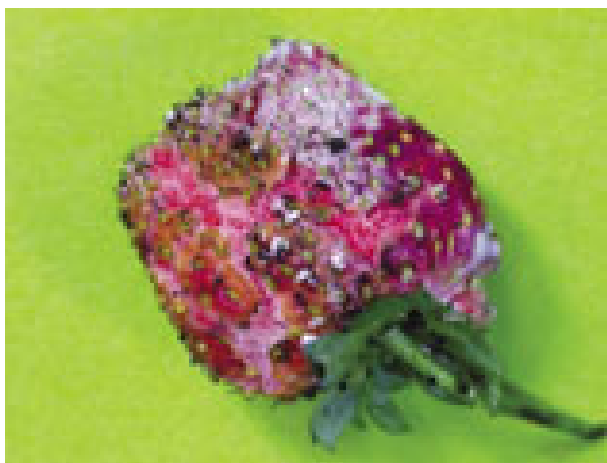



Fig. 29 - Deformazione estrema del frutto in condizioni di forti attacchi su varietà sensibile

Ciclo Biologico

Y. Elad, I. Pertot

Fig. 30 Cleistoteci mature, si noti il colore bruno scuro

Il ciclo epidemiologico

L'oidio è un patogeno altamente specializzato, che forma un'associazione molto stretta con l'ospite. In parole semplici *S. macularis* è in grado di attaccare solo la fragola e gli oidi di vite, melo, zucchino, ecc. non possono svilupparsi su questa coltura.

L'oidio della fragola, al pari di altri oidi, deve svernare come micelio nei tessuti verdi della pianta (in particolare nelle gemme o nelle foglie che permangono vive in inverno), oppure mediante i cleistoteci. I cleistoteci sono i corpi fruttiferi derivanti dalla riproduzione sessuata, hanno forma tonda di colore biancastro all'inizio e poi bruno scuro, quasi nero a maturazione completata (Fig. 30). Si formano in genere in tarda estate o in autunno, in presenza di condizioni adatte allo sviluppo. Le condi-

Fig. 31 - Asco in uscita da un cleistotecio in primavera

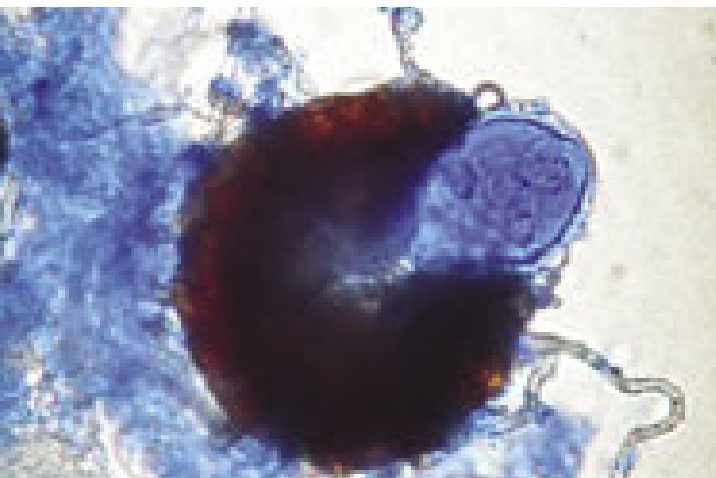



Fig. 32 - Germinazione di un conidio di oidio, è visibile il tubetto germinativo

Fig. 33 - Germinazione di un conidio di oidio al microscopio elettronico a scansione

Fig. 34 - Denso micelio sulla superficie fogliare

zioni di sviluppo però non sono del tutto chiare. Per ora si è rilevato che si formano solo in alcuni ambienti e con particolari andamenti stagionali, ma non sono stati evidenziati i parametri ambientali fondamentali per la loro formazione. Nella primavera successiva, dal cleistotecio fuoriesce l'asco contenente le ascospore (Fig. 31) che, in condizioni adatte, daranno avvio alle infezioni primarie.

Le ascospore germinano, al pari dei conidi (spore asessuate che si producono durante l'estate), producendo un tubetto di micelio (Figg. 32 e 33). Esso si allunga fin a formare uno stiletto di penetrazione che, una volta superata la parete delle cellule della foglia, forma una struttura di forma allargata e specializzata ad assorbire acqua, sali minerali e sostanze nutritive dalla cellula, senza però causarne direttamente la morte. Intanto il fungo produce sulla superficie un micelio denso (Fig. 34) che a sua volta produce nuovi austori. Quando il fungo si è accresciuto a sufficienza, inizia a produrre le sue strutture di disseminazione, i conidi. Essi vengono prodotti in catenelle in numero elevatissimo (Fig. 35) e sono ovoidali, ialini, molto leggeri (Fig. 36).

Ecco perché se osserviamo la macchia di oidio, notiamo in superficie una maglia di ife e numerose spore, mente le cellule sottostanti non

Fig. 35 - Catenelle di conidi di oidio al microscopio elettronico a scansione

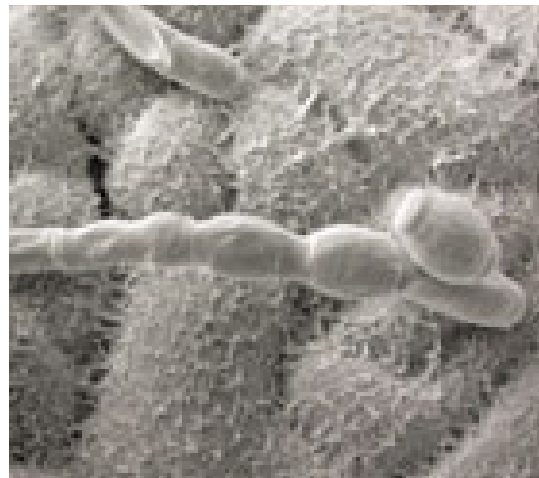



Fig. 36 Catenelle di conidi di oidio al microscopio ottico dopo colorazione con *cotton blue*

sono necrotizzate, ma solo clorotiche a causa del depauperamento di sostanze nutritive e dell'eziolamento della foglia.
I conidi possono dare immediatamente nuove infezioni e quindi è facilmente spiegato come, non appena si notano le prime macchie, la progressione della malattia è pressoché esponenziale.
Il fungo può svernare anche come micelio nella gemma. In questo caso rimane quiescente nei tessuti vivi della pianta che sopravvivono durante l'inverno. In primavera, non appena le temperature risalgono a valori sufficienti per la sua crescita, esso riprende lo sviluppo e la produzione di nuovi conidi.
L'oidio (presente comunemente anche in vivaio) si trova in genere, seppure con incidenza bassissima, già sulle piante al momento del trapianto. Alcuni studi hanno dimostrato che le infezioni dell'anno precedente hanno una ripercussione sull'infezione dell'anno successivo solamente nel caso in cui il fungo ha formato i cleistoteci.
Nel caso in cui ci sia solo svernamento mediante micelio, non sono state rilevate differenze tra diverse percentuali di attacco dell'anno precedente, sulla stagione successiva.
In genere nelle fasi iniziali della coltura o nei i primi cicli di fragola programmata, la malattia è tenuta più facilmente sotto controllo, perché la quantità d'inoculo è bassa. In seguito, quando il fungo inizia a produrre grandi quantità di conidi, essi vengono facilmente portati dal vento e dal movimento dell'aria all'interno dei tunnel e, diffondendosi nell'ambiente, contribuiscono ad aumentare enormemente la pressione della malattia.
Alcuni studi preliminari portati a termine in Israele, dimostrano che, se la temperatura rimane nell'intervallo di potenziale sviluppo del fungo, la presenza di umidità elevata è il fattore

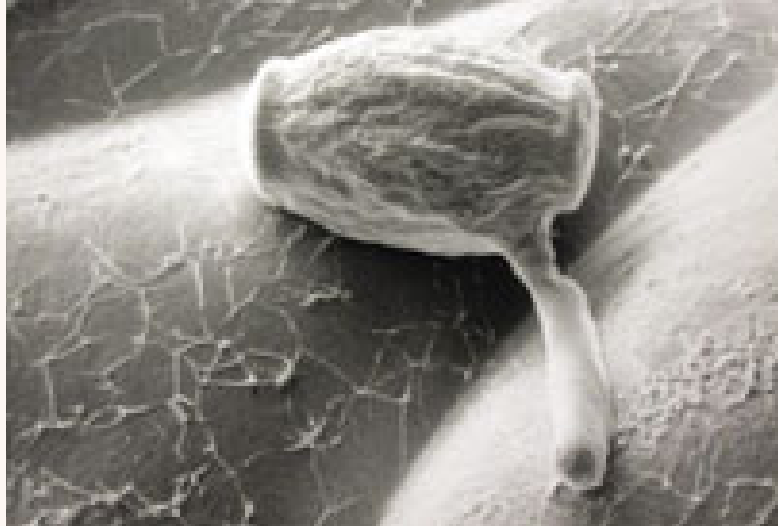



Fig. 37 - Conidio di oidio in fase di germinazione visto al microscopio elettronico a scansione

che determina l'incremento rapido delle infezioni.

La biologia

I conidi di *S. macularis* rimangono vitali per un breve periodo di tempo e richiedono, per la germinazione, 4-6 ore di umidità relativa elevata e temperature di circa 25°C.

La seguente penetrazione e colonizzazione del tessuto fogliare avviene entro 24-48 ore dalla germinazione (Jhooty e McKeen, 1965; Peries, 1962).

Miller e collaboratori (2003) hanno dimostrato un'associazione diretta tra il deficit di pressione di vapore e le necrosi causate dal patogeno sulle foglie di fragola. Secondo questi ricercatori a 0°C e in condizioni di saturazione d'umidità, i conidi rimangono vitali fino a cinque settimane.

In Israele è stato recentemente condotto un interessante studio sui fattori ambientali che influenzano la biologia e l'epidemiologia dell'oidio (Amsalem *et al*., 2005).

Effetto della temperatura e dell'umidità relativa sulla germinazione e sull'allungamento del tubetto germinativo di *S. macularis*

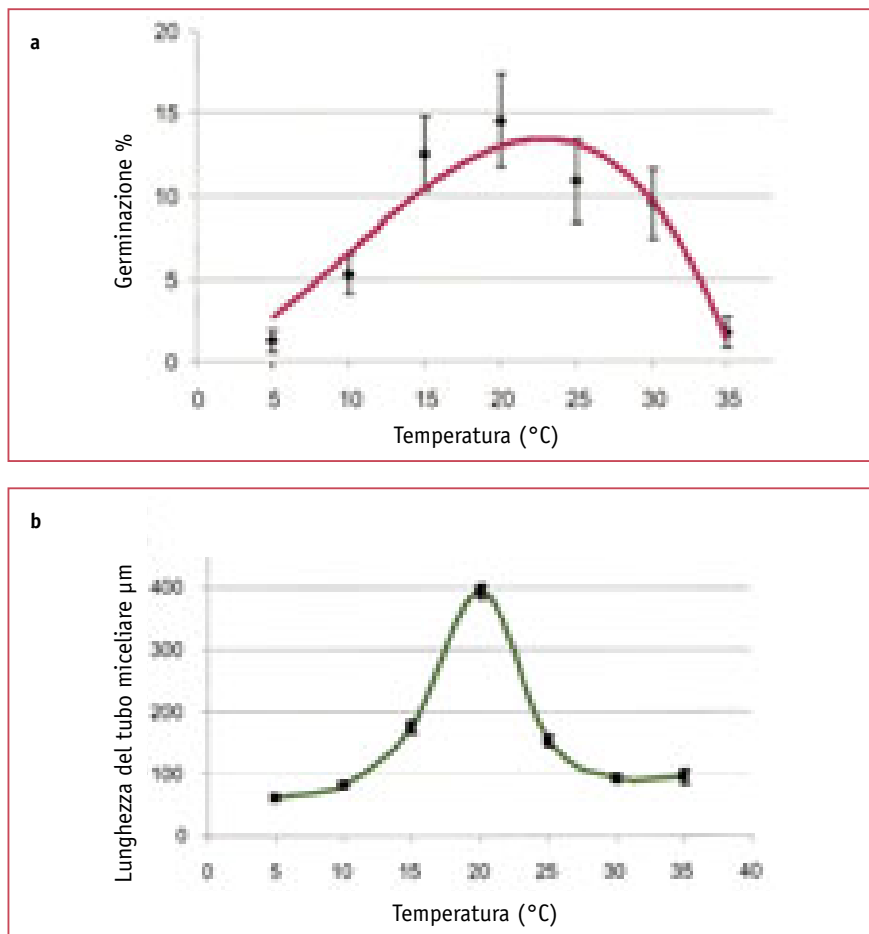
Gli studi effettuati in Israele sull'effetto di temperatura ed umidità, concordano con quanto già riportato da Peries (1962) e Joothy e McKeen (1965).

La germinazione ottimale dei conidi (Fig. 37) si ha con temperature tra i 15 ed i 25°C, mentre si ha una ridottissima percentuale di germinazione a 5 e 35°C (Fig. 38a). Il massimo allungamento del tubo germinativo si ha a 20°C, mentre a temperature maggiori o minori la velocità d'allungamento decresce (Fig. 38b). Questo ampio intervallo indica che il patogeno può essere in grado di adattarsi alle con-

dizioni ambientali di pressoché tutte le aree di coltivazione della fragola.
L'umidità relativa (UR) a 20°C, se è inferiore al 75% determina una germinazione bassa, mentre, dopo un incremento esponenziale, la germinazione raggiunge i valori più elevati tra il 97 ed il 99,9% di UR (Fig. 39a e 39b).
Studiando l'effetto delle combinazioni di temperatura (10, 20 e 30°C) ed umidità (33, 55, 75 e 97%), si può vedere come a tutti i valori di umidità la germinazione è ottimale a 10 e 20°C, risultando invece bassa a 30°C (Fig. 40).

Influenza dell'acqua sui conidi

La presenza d'acqua o di condensa è il principale fattore di mortalità dei

Fig. 38 - Effetto della temperatura sulla germinazione (a) e sull'allungamento del tubetto germinativo di *S. macularis* (b)

conidi. La germinazione dei conidi non avviene quando sono immersi in acqua. Di conseguenza le piogge frequenti o l'irrigazione soprachioma hanno un effetto diretto sul fungo e causano anche un dilavamento dei conidi dalle foglie, riducendo così la possibilità che essi avviino nuove infezioni.

Influenza del vento sulle infezioni

La dispersione dei conidi di *S. macularis* è solitamente data dal vento, anche se gli schizzi d'acqua possono contribuire a questo processo (Peries, 1962). I conidi (Fig. 41) infatti vengono prodotti in elevatissime quantità, sono leggeri e si deposita-

Fig. 39 - Effetto dell'umidità relativa sulla germinazione (a) e sull'allungamento del tubetto germinativo di *S. macularis* (b)

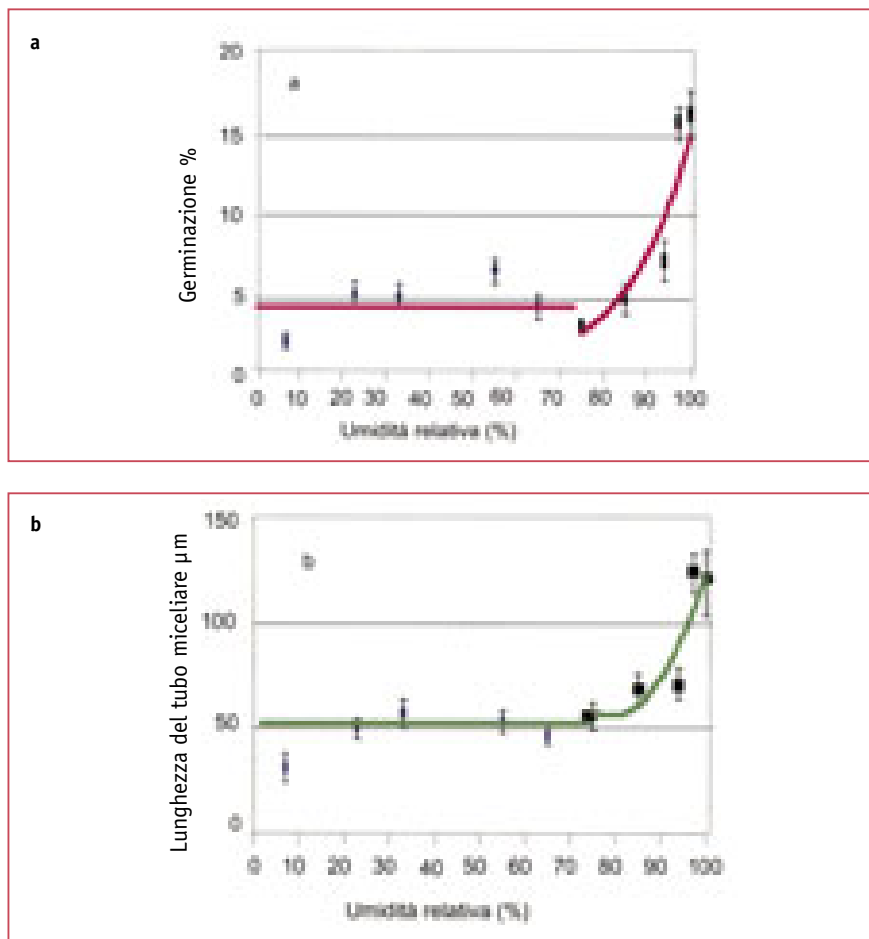
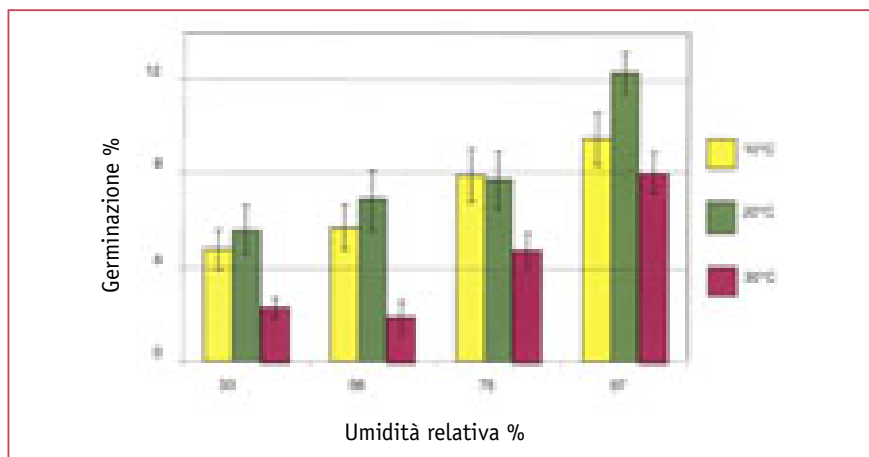



Fig. 40 - Effetto della combinazione di temperatura e umidità relativa sulla germinazione di *S. macularis*

no facilmente sulle foglie dove il processo di germinazione (in condizioni favorevoli) prende avvio nel giro di poche ore.

Formazione dei cleistoteci

È stato evidenziato che i cleistoteci (Fig. 42) si formano preferenzialmente in condizioni di ombreggiamento, un meccanismo che potrebbe essere usato dal patogeno quando e dove queste strutture sono necessarie per la sopravvivenza (Maas, 1998; Peries, 1962).
I fattori che inducono la formazione dei cleistoteci non sono ancora del tutto noti. In ambienti mediterranei, come ad esempio in Israele, i cleistoteci non sono stati segnalati, mentre possono essere presenti nelle zone temperate dell'Italia.

Effetto della luce sulla germinazione dei conidi

L'oidio sopravvive e prolifera bene

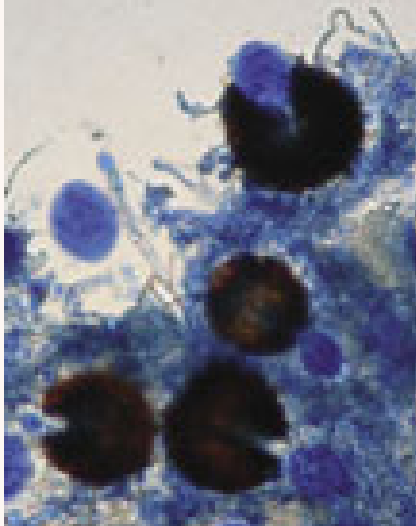



Fig. 41 - Conidi in catenelle, prodotti in notevoli quantità

Fig. 42 - Cleistoteci

in condizioni di ombreggiatura, indicando che i conidi sono sensibili alla luce diretta e alla radiazione ultravioletta (Jordan e Richmond, 1972; Yarwood, 1957). L'incubazione dei conidi per 24 ore al buio determina un incremento di germinazione, rispetto ai conidi mantenuti in condizioni di alternanza luce/buio di 12 ore. Allo stesso modo l'allungamento del tubetto germinativo è maggiore al buio, se confrontato con l'alternanza di luce e buio.
Anche se è noto l'effetto della luce a detrimento dei conidi di oidio, esistono però anche studi che non hanno evidenziato un incremento di germinazione in condizioni di buio totale (Mitchell e McKeen, 1970; Peries, 1962).

Sopravvivenza dei conidi

A temperature tra i 15 ed i 30°C la vitalità dei conidi ed in particolare la germinabilità declina durante il tempo, raggiungendo lo zero dopo 5 mesi d'incubazione. Alle condizioni subottimali di 0°C, i conidi rimangono vitali fino ad un massimo di 30 giorni. A temperature più elevate di 35°C i conidi non sono in grado di sopravvivere.

Effetto dello stadio fenologico della pianta sulla germinazione

La germinazione è anche condizionata dal fatto che i conidi vengano a trovarsi su piante giovani, fatto che ne aumenta la germinabilità, o su piante vecchie, che di contro la riduce, questo a prescindere dalla cultivar considerata. Lo stadio fenologico e la cultivar hanno una grossa influenza relativamente alla tolleranza alla malattia (Fig. 43).
La suscettibilità della pianta ospite dipende inoltre dai carboidrati disponibili nelle foglie, che se in eccesso, possono favorire lo sviluppo della

Fig. 43 - La diversa suscettibilità varietale ha una grossa influenza sulla malattia: a sinistra una varietà sensibile a destra una varietà tollerante

malattia (Grainger, 1968; Schoeman *et al.*, 1995).

A conseguenza di ciò, le foglie delle piante giovani sono maggiormente suscettibili alla malattia rispetto alle piante più vecchie. Ciò spiega anche il fatto che gli stoloni sono più suscettibili rispetto alla pianta madre (Okayama *et al.*, 1995) e perché la malattia si sviluppi più rapidamente nei primi stadi di crescita delle foglie, rispetto al periodo della raccolta.

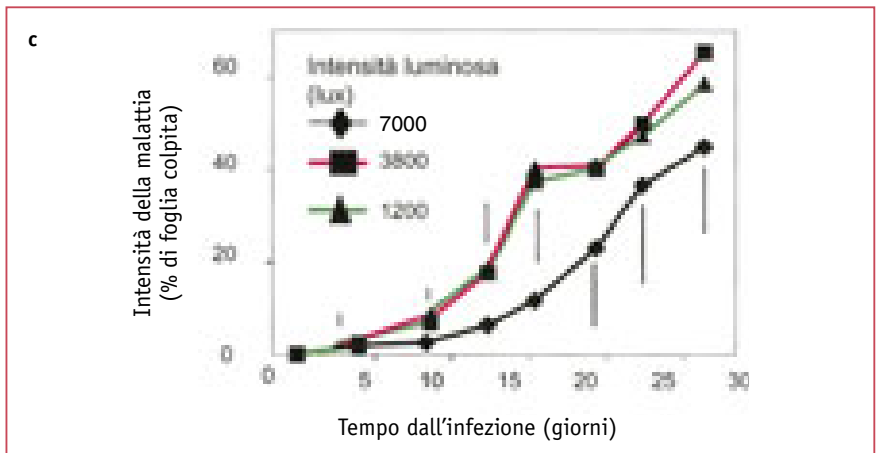
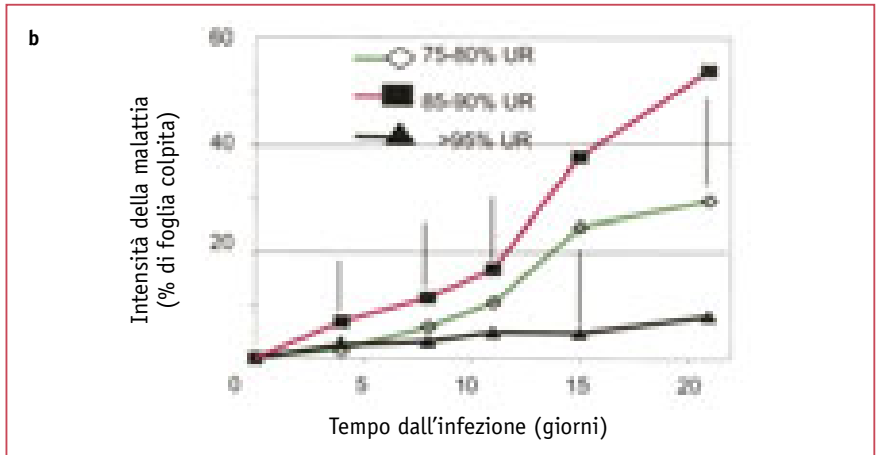
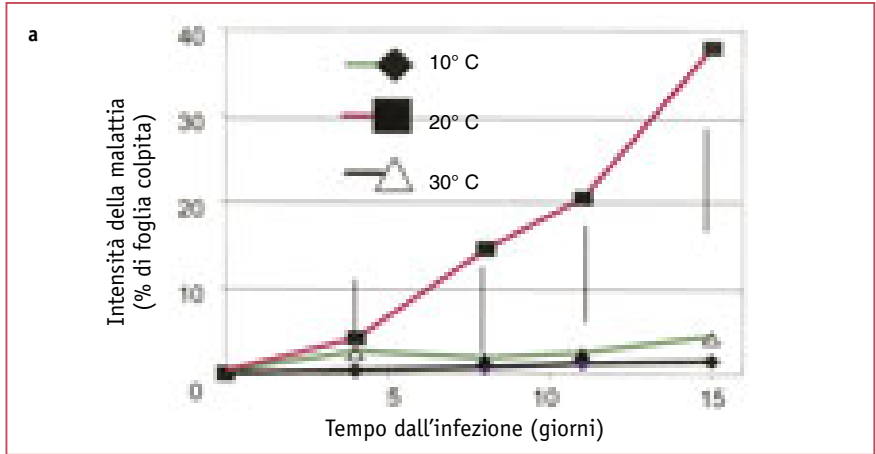
Effetto dell'umidità sulla sporulazione e tempo che intercorre tra due generazioni

Un aumento nella produzione di conidi si ha con umidità del 70-75% e dell'80-85%. Con umidità relative maggiori del 95% si ha una riduzione dell'entità di sporulazione. Il tempo che intercorre tra due generazioni è di quattro giorni a temperature di 20 e 30°C ed UR superiore al 75%. In condizioni meno favorevoli sono però riportati anche tempi più lunghi, di 5 o 6 giorni (Maas, 1998; Peries, 1962). Alla presenza di elevata luminosità i tempi tra generazioni tendono ad aumentare.

Effetto della temperatura, dell'umidità relativa e dell'intensità luminosa sulla malattia

L'intensità della malattia è influenzata dalla temperatura, dall'umidità relativa, dall'intensità luminosa e dalla cultivar. Le temperature che favoriscono lo sviluppo della malattia vanno dai 15 ai 25°C con un ottimo di temperatura di 20°C (Fig. 44a) (Okayama *et al.*, 1995).

Le temperature di 10 e 30°C invece determinano un livello più basso della malattia. (Fig. 44a) (Jhooty e McKeen, 1965; Peries, 1962). L'umidità ottimale va dall'80 all'85 %, la malattia è meno grave se si sale oltre i valori del 95% (Fig. 44b). Questo effetto è dato dall'inibizione sulla germinazione dei conidi, dovuto alla formazione di condensa sulle foglie (Maas, 1998; Jarvis *et al.*, 2002). La luce intensa (7000 lux) rallenta la progressione ed incidenza della malattia, mentre intensità di 3800 e

Fig. 44 - Effetto della temperatura (a), dell'umidità relativa (b) e dell'intensità luminosa (c) sull'evoluzione della malattia nel tempo

1200 lux non danno effetti rilevanti (Fig. 44c).
Gli ultravioletti sono stati correlati con una riduzione degli oidi, che sono tutti in genere favoriti da condizioni di ombreggiamento (Rotem e Aust, 1991; Rotem *et al.*, 1985; Yarwood, 1957).

Alcune considerazioni pratiche

La germinazione e la crescita si hanno in un ampio intervallo di temperature (da 5 a 35°C) con un ottimale tra i 10 ed i 20°C.
La germinazione si può avere tra i 4 ed i 36 °C, ma si riduce notevolmente tra sotto i 10°C e sopra i 30°C (Miller *et al.*, 2003). Ciò significa che nelle condizioni colturali del Trentino, la temperatura non rappresenta un elemento limitante, se non nei primi periodi della stagione e nei mesi di luglio ed agosto, quando le temperature possono essere rispettivamente più basse o più elevate dei limiti ottimali. Il fattore più importante diventa quindi l'umidità che, se presente a livelli elevati, può aumentare la pericolosità della malattia.
La copertura con i tunnel (Fig. 45) protegge contro i marciumi del frutto e fa sì che i trattamenti antibotritici possano essere evitati, ma per contro, senza l'azione delle piogge, l'oidio ne è avvantaggiato.
In linea teorica, potrebbe essere utilizzata l'irrigazione per ridurre la virulenza della malattia, anche se va ricordato che parallelamente si assisterebbe ad un significativo incremento dei marciumi ai frutti ed una loro ridotta conservabilità. Non si esclude però che in futuro, con una corretta e puntuale applicazione di irrigazioni sopra chioma, si possa ottenere una situazione di compromesso tra le due malattie. Anche l'ombreggiamento esercitato dalla copertura, mancando parte dell'effetto dell'ultravioletto solare sui conidi, tende a favorire le infezioni.
Il vento è un altro fattore importante per la diffusione della malattia, soprattutto quando si sovrappongono i primi cicli di coltura programmata con i secondi, oppure durante l'estate quando possono essere presenti nella zona colture di fragola con la malattia in atto.
A volte si può notare che se una coltura infetta è posizionata nella direzione del vento prevalente, le colture vicine nella direzione del vento sono maggiormente infettate. Se non esiste un flusso d'aria consistente nel tunnel però la diffusione dalle piante infette a quelle sane avviene lentamente.
È consigliabile, in ogni caso, rimuovere le piante a fine ciclo o trattarle anche dopo la raccolta per evitare la presenza d'inoculo che possa con-

tinuare a diffondersi. È importante inoltre fare attenzione agli stoloni che generalmente sono più sensibili alla malattia e sono scarsamente raggiunti dai trattamenti.

Essi possono, infatti, costituire un serbatoio d'inoculo soprattutto per i frutti in maturazione.

Nelle condizioni trentine, non è ancora chiaro se i cleistoteci abbiano un ruolo nelle infezioni primaverili o se la malattia si propaghi da un anno all'altro mediante il micelio svernante nelle gemme. Ulteriori ricerche saranno necessarie per chiarire questo aspetto.

L'umidità tra il 70 e l'85% favorisce la produzione di conidi e, poiché il tempo tra due generazioni in condizioni ottimali di sviluppo può essere molto breve (4-6 giorni), è chiaro come da poche macchie la malattia possa prendere un andamento esponenziale.

Riassumendo

- È necessario prevenire lo sviluppo dell'oidio anziché attendere le prime infezioni;
- dal momento in cui si effettua la copertura con il tunnel è necessario prestare maggiore attenzione alla malattia;
- i periodi a maggior rischio sono quelli estivi, quando l'umidità relativa è elevata;
- le piante vanno protette con i fungicidi; prestando maggior attenzione quando sono nelle prime fasi di sviluppo;
- è bene evitare infezioni agli stoloni od eliminarli.

Fig. 45 - Produzione delle fragole fuori su substrato e copertura con tunnel

La coltivazione della fragola

R. Moser, I. Pertot

Fig. 46 - Frutto di fragola

Il mercato della fragola a livello mondiale, in Italia ed in Trentino

La produzione mondiale della fragola (Fig. 46) può essere stimata sulla base delle statistiche fornite dalla FAO, considerando le produzioni e le superfici investite a fragola (Tab. 1).
Secondo la FAO tra il 1997 ed il 2003 il trend della superficie coltivata a fragola è stato in netta crescita, salendo dai 208.000 ettari nel 1997 ai circa 230.000 nel 2001, registrando però una diminuzione nel 2002 (Macchi, 2004 a, b).
Analogamente alle superfici coltivate anche la produzione mondiale è stata in progressivo aumento fino al 2002, subendo però un leggero calo (2,5% circa) nel 2003.

Tab. 1 - Principali Paesi produttori di fragole e relative quantità prodotte (in tonnellate). Fonte: FAO

Tonnellate		Anno					
Rango		**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**% sul totale (media 99-03)**
1	Stati Uniti	831.258	862.828	749.520	893.670	835.300	26%
2	Spagna	377.527	343.105	326.000	328.700	262.500	10%
3	Korea	152.481	180.501	202.966	209.938	209.938	6%
4	Giappone	203.100	205.300	208.600	210.500	208.000	6%
5	Polonia	178.211	171.314	242.118	154.830	160.000	6%
6	Italia	185.852	195.661	184.314	150.890	158.774	5%
7	Messico	137.736	141.130	130.688	142.245	150.261	4%
8	Federazione Russa	115.000	129.000	125.000	130.000	145.000	4%
9	Turchia	129.000	130.000	117.000	120.000	120.000	4%
10	Germania	109.194	104.279	110.130	110.000	110.000	3%
	Altri	739.703	812.226	782.416	798.067	805.541	25%
	Totale	3.159.062	3.274.341	3.178.752	3.248.840	3.165.314	100%

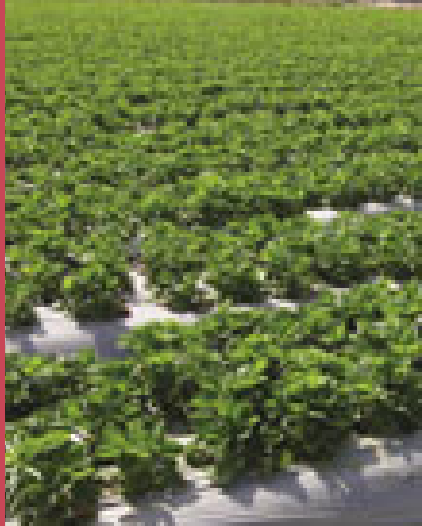



Fig. 47
Coltivazione tradizionale in campo (Israele)

Fig. 48
Coltivazione in suolo, protetta da tunnel (Israele)

Tra i paesi produttori nel 2003 (Figg. 47 e 48), gli Stati Uniti si confermano al primo posto con oltre 830.000 tonnellate di fragole prodotte, pari al 25% del totale, seguiti dalla Spagna con 260.000 tonnellate (10% della produzione mondiale), che si conferma al primo posto come produttore europeo di fragole. Al terzo posto troviamo la Corea (209.000 tonnellate) seguita dal Giappone, dalla Polonia e dall'Italia che si colloca quindi al sesto posto, con una produzione annua in continuo aumento. Tra i paesi emergenti si conferma un buon trend di crescita in Marocco ed in Egitto, sia in termini di superficie, sia di produzione.

In generale i principali paesi produttori mostrano elevate rese ad ettaro. Unica eccezione è rappresentata dalla Polonia che, nonostante abbia una superficie investita pari a più del doppio rispetto a quella degli USA,

Tab. 2 - Esportazioni mondiali di fragole. Fonte: FAO

		Dati tonnellate				
Rango		**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
1	Spagna	208.765	214.171	195.336	212.081	184.668
2	Stati Uniti	50.343	57.500	63.095	58.554	71.719
3	Messico	26.693	44.918	35.049	30.910	37.419
4	Belgio	32.338	36.302	39.553	32.572	34.145
5	Italia	52.383	45.666	36.119	32.975	27.291
6	Francia	13.839	16.243	27.749	18.683	21.933
7	Indonesia	0	38	5	115	24.801
8	Marocco	9.293	16.396	21.701	17.824	21.751
9	Polonia	17.818	24.437	10.888	62.481	16.506
10	Olanda	10.828	14.890	17.096	12.542	12.846
	Totale	461.502	505.967	468.935	516.186	485.288

produce circa un quinto della produzione statunitense.

In base alle statistiche commerciali, sempre fornite dalla FAO (Tab. 2), il volume totale delle esportazioni mondiali di fragole fresche tra il 1997 e il 2002 si è aggirato mediamente tra le 460.000 e le 520.000 tonnellate, evidenziando un trend costante o in lieve aumento (Macchi, 2004 a, b).

La Spagna è il principale esportatore mondiale con una media di quasi 200.000 tonnellate, pari a circa il 40% dei volumi esportati. Seguono a distanza gli Stati Uniti che tendono, in ogni caso, a potenziare progressivamente la loro presenza sui mercati. Messico e Belgio si confermano al terzo e quarto posto con quote che

Tab. 3 - Importazioni mondiali di fragole. Fonte: FAO

Dati tonnellate						
Rango		**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
1	Germania	141.299	133.650	125.259	143.336	111.297
2	Francia	70.687	80.987	88.506	82.293	91.169
3	Canada	37.488	45.678	50.135	45.524	56.551
4	Stati Uniti	26.376	43.001	34.580	32.061	40.791
5	Regno Unito	36.316	23.512	29.047	28.493	36.657
6	Italia	16.627	22.643	26.872	22.750	24.166
7	Belgio	21.278	24.729	24.295	26.033	21.987
8	Austria	27.499	23.336	18.870	22.173	17.615
9	Messico	3.894	5.436	10.913	9.630	13.745
10	Olanda	16.798	16.397	14.058	12.086	13.001
	Totale	448.570	479.766	482.795	490.745	493.797

sfiorano il 7%. L'Italia, che fino alla fine degli anni Novanta, si posizionava al secondo posto nella classifica, ha progressivamente diminuito la propria quota, fino a collocarsi al quinto posto con il 6% del totale.
Guardando invece alle importazioni (Tab. 3), il primo paese importatore a livello mondiale è la Germania con circa 111.000 tonnellate di prodotto importato, pari al 23% del totale. Seguono Francia, Canada, Stati Uniti, Regno Unito, Italia, Belgio e Austria.

In Italia la fragola interessa una superficie pari a circa 6.000 ettari, da cui si ottiene una produzione superiore alle 130.000 tonnellate. Il primato produttivo spetta alla Campania, da cui proviene il 32% del raccolto nazionale; seguono Emilia-Romagna (15%), Basilicata (15%), Veneto (12%), Piemonte (10%) e Lazio (7%). Come abbiamo visto per il mercato mondiale, anche nel nostro paese negli ultimi anni si sta registrando un progressivo ridimensionamento di tale coltura, la cui superficie si è ridotta dai 5.000 ettari del 1999 ai 4.000 ha nel 2003 e ai 3.900 ha nel 2004.
Anche se tutte le principali zone di produzione hanno concorso alla flessione, Piemonte, Emilia-Romagna e Basilicata continuano a segnare variazioni negative di oltre il 10% annuo. Si nota invece una certa stabilità in Trentino-AltoAdige e un incremento in Calabria (più 7%).
Dalle statistiche fornite dall'Istat (Fig. 49), si nota, in linea con l'andamento produttivo, un trend negativo delle esportazioni scendendo dalle 55.000 tonnellate del 1997 alle 27.000 del 2002 e alle 22.000 nel 2003, con una flessione addirittura pari al 60%.
La maggior parte del prodotto italiano destinato all'esportazione è concentrato verso pochi paesi europei, ma con quote in continua flessione (87% nel 1997 contro un 75% nel 2002).
Il principale acquirente delle fragole

Fig. 49 - Esportazioni in Italia per paese di destinazione (%).
Fonte: Elaborazioni CSO su dati Instat, CSO - www.csoservizi.com

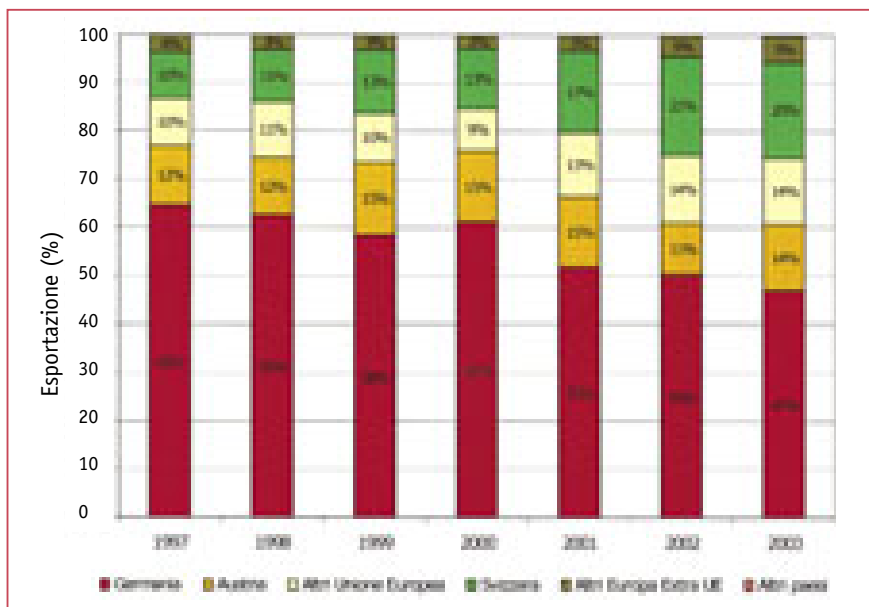
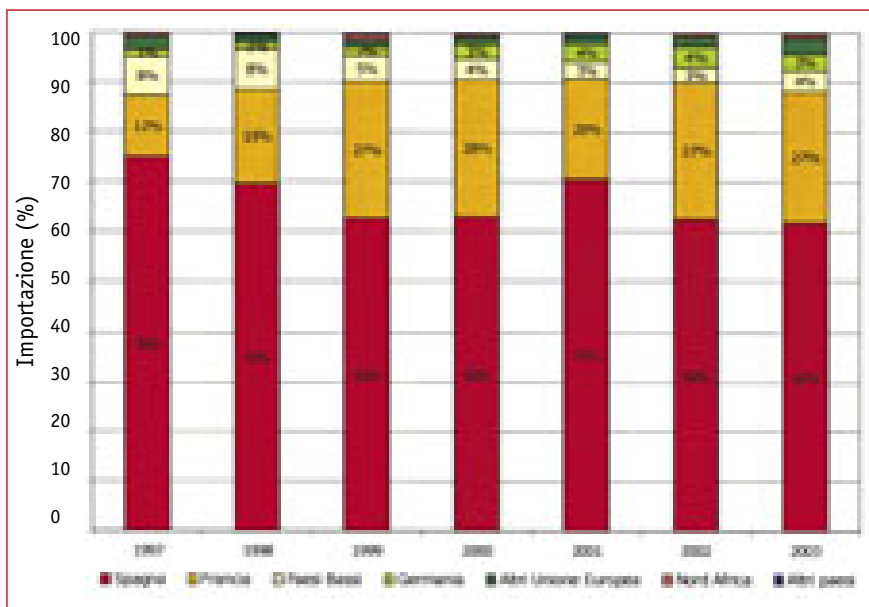



Fig. 50 - Importazioni in Italia per paese d'origine (%).
Fonte: Elaborazioni CSO su dati Instat, CSO - www.csoservizi.com

italiane è la Germania che negli ultimi anni ha però diminuito la propria quota (di circa un 30%, rispetto alla fine degli anni Novanta), sia a causa della concorrenza esercitata dai paesi vicini, sia per l'aumento della produzione interna.

La restante parte dell'export italiano (30% circa) è rivolta principalmente verso Austria e Svizzera. Le importazioni italiane (Fig. 50) invece nello stesso periodo sono aumentate del 70% e provengono per il 60% dalla Spagna, seguita dalla Francia con poco meno del 30%. Le importazioni dal Nord Africa, che si prospettavano in crescita rilevante, non sono invece aumentate.

Negli ultimi anni quindi si sono verificati veloci mutamenti che hanno portato il saldo commerciale delle fragole, tradizionalmente positivo, ad attenuarsi sempre più fino a diventare addirittura negativo nel 2003.

L'importanza della fragolicoltura rimane in ogni modo evidente se si confrontano i volumi esportati e importati con i valori monetari in gioco (Macchi, 2004 a, b).

Il valore complessivo delle esportazioni, viste le contrazioni avvenute, è andato progressivamente diminuendo passando da 86 milioni di euro nel 1997 a 41 nel 2003, con una contrazione pari al 50% circa. Il prezzo medio d'esportazione, nello stesso periodo, è perciò passato da 1,57 €/Kg nel 1997 ai 1,85 €/Kg nel 2003.

Il valore delle importazioni ha registrato invece un aumento da 22 a 41 milioni di euro.

Il prezzo medio d'importazione è sceso nel periodo 1997-2001 e poi ed è risalito fino a toccare 1,75 €/Kg nel 2003 (Macchi, 2004 a, b).

I consumi domestici delle fragole, visti come acquisti effettuati da parte del consumatore finale e non dagli agenti intermedi (ristorazione e piccoli trasformatori) rappresentano il 2% della spesa totale dell'ortofrutta.

Fig. 51
Fragole pronte per il confezionamento per il mercato al dettaglio

A differenza del consumo degli altri ortofrutticoli, che negli ultimi anni ha subito una recessione del 10% (Testoni e Lovati, 2004), la dimensione del mercato al dettaglio delle fragole (Fig. 51), in Italia, è andato progressivamente espandendosi. Nel periodo 2000-2003 si è evidenziato un aumento del 19% e il consumo ha raggiunto la quota delle 72.000 tonnellate portando così il consumo medio per famiglia da 12,4 kg nel 2000 a 15,9 kg nel 2003.
Oltre l'80% del prodotto viene acquistato nei supermercati, da aprile a giugno, con tendenza ad aumentare tra maggio e giugno. Un ulteriore 13% è acquistato tra luglio e settembre mentre nei mesi autunnali e invernali il consumo si riduce notevolmente (Testoni e Lovati, 2004). Tale concentrazione di consumi è in relazione, sia all'elevata disponibilità di prodotto con buone caratteristiche organolettiche presente sul mercato nei mesi primaverili, sia ai prezzi più contenuti con i quali viene offerto al consumatore.
I prezzi raggiungono valori minimi tra aprile e agosto, mentre sono molto più elevati nei mesi invernali, quando possono essere addirittura raddoppiati.
Il consumo di fragole, nel nostro paese, avviene soprattutto nel Nord, dove viene acquistato circa il 50% del totale. Seguono il Sud e le isole con oltre il 30% e il Centro che ha una quota d'acquisto pari al 20% circa.
In riferimento al livello dei prezzi al consumatore nel periodo 1999–2003, è netto il suo progressivo aumento (10% in più tra il 1999 e il 2000, un ulteriore 7% tra il 2001 e il 2002 e ancora un incremento del 10% tra il 2002 e 2003) attestandosi su un prezzo medio annuo di 3,2 €/kg (Macchi, 2004 a, b).
La fragolicoltura negli ambienti di montagna delle regioni settentrionali italiane rappresenta attualmente solo poco più del 10% del totale delle su-

Tab. 4 - Produzione di fragole (quintali) in Trentino nel periodo 1998-2002.
Fonte: Rapporto agricoltura 2002, PAT

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Fragola	20.150	25.940	29.360	25.000	35.000	37.270

perfici investite a fragola. Essa è quasi tutta concentrata in Piemonte e in Trentino-Alto Adige.
La produzione trentina si attesta all'incirca sulle 3.500 tonnellate nel 2002 (Tab. 4), rappresentando l'1,7% a livello nazionale.
L'andamento della produzione, come si deduce dalla tabella, ha registrato un deciso incremento con un 40% di produzione in più rispetto al 2001.

La coltivazione fuori suolo sotto tunnel

Nell'intera regione la superficie investita è principalmente concentrata in Valsugana e nell'Altopiano di Pinè, ad altitudini variabili tra i 400 e i 1.200 metri. Gli impianti localizzati alle altitudini più basse (Valsugana, a 400-500 metri s.l.m.) sono generalmente finalizzati ad un doppio ciclo di produzione autunnale–estiva utilizzando la stessa pianta (di tipo tradizionale: A, A+). Le piante vengono trapiantate in agosto per una produzione autunnale, poi le stesse, vengono pulite e fatte svernare in campagna o in una cella frigo.
La primavera successiva si effettuerà il trapianto di queste piante che forniranno, di fatto, una seconda produzione a partire dalla fine di maggio. Invece per gli impianti realizzati a quote più elevate come sull'Altopiano di Pinè è adottata la cosiddetta tecnica della coltura programmata a ciclo unico o monociclo. Essa prevede la programmazione di trapianti "a scalare" di piante fatte ingrossare

in vivaio nell'autunno precedente (Trayplant o GWB) da fine aprile a fine luglio. La produzione di fragole avverrà quindi progressivamente (dal trapianto alla raccolta passano circa 60-70 giorni) durante tutto il periodo estivo. Entrambe le coltivazioni sono realizzate principalmente in fuori suolo (90% della superficie trentina) con varietà unifere (Fig. 52).
Di queste, la più importante è la varietà "Elsanta" con quasi il 90% di presenza, seguita da "Marmolada" e da "Darselect" che si sono dimostrate particolarmente adatte al clima trentino e alla tecnica colturale del fuori suolo (Molinari e Vinante, 2001). In Trentino, infatti, la tecnica del fuori suolo, che permette di programmare la produzione, ha quasi completamente sostituito le tradizionali colture di varietà rifiorenti che fornivano frutti di bassa qualità (Tab. 5), soprattutto in concomitanza degli innalzamenti termici estivi e non erano in grado di fronteggiare la concorrenza dei frutti della varietà provenienti dalle colture fuori suolo del Nord Europa. Inoltre questo progressivo passaggio dalla fragola in pieno campo alla coltivazione in fuori suolo è stato stimolato dal divieto di usare il bromuro di metile (Molinari e Vinante, 2001).

Anche se le superfici investite a fragola sono limitate, l'importanza a livello commerciale è notevole in quanto i produttori trentini, finalizzando le produzioni al periodo estivo, hanno fatto in modo che, proprio da questi ambienti, arrivassero sul mercato le uniche produzioni nel periodo estivo-autunnale, dalla prima decade di giugno fino alla prima decade di

Fig. 52
Coltivazione fuori suolo, sotto tunnel (Trentino)

Tab. 5 - Superfici (ha) coltivate a fragola in tunnel e in pieno campo nel quadriennio 1999-2002 in Trentino. Fonte: Cso - Ferrara

	Coltura protetta				Pieno campo				Totale			
	1999	2000	2001	2002	1999	2000	2001	2002	1999	2000	2001	2002
Trentino Alto-Adige	85	85	130	133	60	65	104	107	145	150	234	240
Totale Italia	3.443	3.279	3.072	3.159	1.484	1.430	1.347	1.097	4.927	4.709	4.419	4.254
%	2,5	2,6	4,2	4,2	4,0	4,5	7,7	9,8	2,9	3,2	5,3	5,6

ottobre. Grazie a questa caratteristica e all'espansione della tecnica del fuori suolo, il prodotto trentino ha potuto affermarsi su molti mercati nazionali ed anche europei. Analizzando i mercati si osserva che circa il 65-70% della produzione trentina si colloca nel Nord Italia, il 17-20% nel Centro Italia, il 2-3% nel Sud Italia e il 10% all'estero prevalentemente in Germania e, in misura marginale, in Austria e Svezia.

Vantaggi e svantaggi nei confronti delle malattie

La coltivazione fuori suolo ha notevoli vantaggi operativi ed organizzativi. Nonostante i costi d'impianto siano più elevati rispetto alla coltura tradizionale in suolo, questa tecnica garantisce delle rese economiche che la rendono più competitiva ed in continua crescita.

Non è oggetto di questa pubblicazione discuterne gli aspetti agronomici. Si tracceranno però i vantaggi e gli svantaggi che questa coltura comporta dal punto di vista delle malattie più comuni della fragola.

Mycosphaerella fragariae, produce delle piccole lesioni sulla pagina superiore delle foglie prima rossastre o color porpora, tonde. In seguito le macchie si allargano, conservando il margine rosso, mentre la parte centrale diventa di color grigio chiaro. Il fungo sopravvive sulle piante durante l'inverno nella coltura tradizionale. La malattia viene introdotta mediante l'utilizzo di piante infette. La malattia è dispersa dagli schizzi d'acqua ed è favorita da piogge e temperature miti.

Dendrophoma obscurans produce all'inizio macchie simili alla *M. fragariae*, ma in seguito le macchie assumono la caratteristica forma a "V" con la parte più ampia verso il margine fogliare. Le spore sono trasportate dal vento, ma soprattutto dalla pioggia e la bagnatura fogliare o l'elevata umidità favoriscono l'infezione.

Diplocarpon earliana produce macchie sempre color porpora all'inizio,

Fig. 53 - Sintomi di antracnosi (*C. acutatum*) su frutto

mentre poi il loro centro vira verso il marrone e non grigio-biancastro come nel caso di *M. fragariae*. Con il passare del tempo, le macchie confluiscono in aree più estese, i margini delle foglie si piegano verso l'alto, necrotizzando.
Le lesioni necrotiche possono ritrovarsi anche sugli altri organi della pianta. Il fungo sopravvive da una stagione all'altra sulle foglie morte. Le spore vengono poi portate sulle piante dagli schizzi d'acqua dell'irrigazione o della pioggia. Per questo motivo nella coltivazione tradizionale si consiglia di asportare le foglie morte e di evitare l'irrigazione sopra chioma.
La batteriosi, causata dallo *Xanthomonas fragariae,* è caratterizzata da lesioni inizialmente piccole, idropiche e traslucide, che poi si accrescono rimanendo limitate dalle nervature. Le foglie con elevata presenza di infezioni possono disseccare. La diffusione delle cellule batteriche avviene mediante gli schizzi d'acqua, con giornate fresche e temperature basse durante la notte, umidità elevata e lunghi periodi di pioggia.
Nei confronti di queste malattie, tutte accomunate dalla caratteristica di essere diffuse dagli schizzi d'acqua, la protezione dalle piogge determinata del tunnel può risultare positiva. In presenza d'inoculo di queste malattie è di conseguenza importante ottimizzare l'irrigazione degli apparati fogliari. Generalmente, a parte *X. fragariae*, questi patogeni sono notevolmente meno virulenti nella coltivazione in tunnel rispetto a quella non protetta in pieno campo.
La coltivazione fuori suolo permette inoltre di risanare la coltura mediante eliminazione delle piante infette.
Nella stagione successiva è possibile iniziare la nuova coltivazione con piante sane e substrato non contaminato, cosa impossibile in pieno campo.
Per le malattie fogliari, ma in partico-

Fig. 54 - Disseccamento delle piante causato da *C. gleosporioides*

lare per la batteriosi è quindi molto importante la sanità del materiale destinato d'impianto, sia che provenga da vivaio o da produzione interna all'azienda.

La sanità del materiale di origine è molto importante anche per le malattie dell'apparato radicale (*Verticillium albo-atrum* e *Phytophthora spp.*) e del colletto. Infatti la coltura fuori suolo su substrato in sacco o in vaso, permette di ridurre al minimo i rischi derivanti da inoculo presente nella coltura precedente, come avviene nel terreno. Nel caso in cui al trapianto ci siano piante infette, però, questa tecnica aumenta il rischio e la velocità di propagazione tra pianta e pianta, soprattutto se l'acqua della fertirrigazione viene riciclata senza opportuno sistema di disinfezione. I sintomi di queste malattie sono visibili sull'apparato fogliare con disseccamenti repentini soprattutto in periodi caldi, quando c'è forte traspirazione delle piante. Nel caso della verticillosi generalmente sono le foglie vecchie a disseccare, seguite dalle più giovani negli stadi finali della malattia, mentre nel caso della *Phytophtora* la progressione segue l'ordine contrario. Il danno e la presenza dei patogeni è però visibile nella corona (o colletto): un imbrunimento dei fasci vascolari nel primo caso ed arrossamenti dei tessuti interni della corona nel secondo.

Un discorso diverso merita l'antracnosi causata da alcuni funghi del genere *Colletotrichum*. In particolare ricordiamo *C. acutatum, C. fragariae* e *C. gleosporioides.*
I patogeni appartenenti al genere *Colletotrichum* possono infettare frutti, gemme, piccioli, stoloni, colletto e foglie. Di solito *C. fragariae* causa sintomi sul colletto, mentre tutte tre le specie possono causare sintomi ai frutti ed alle foglie, anche se di solito questi ultimi sono causati da *C. acutatum*.

Fig. 55 - Muffa grigia su fragola (*B. cinerea*)

Fig. 56 - Sintomi iniziali di muffa grigia

L'antracnosi ai frutti (Fig. 53) è particolarmente distruttiva sui sistemi di coltura fuori suolo annuali su substrato, dove in condizioni di forte umidità e in prossimità della raccolta, può causare la perdita della produzione. I sintomi sui frutti sono dati da lesioni depresse e scure. Sui frutti verdi le lesioni sono piccole, dure, marron scuro.

In presenza di tempo umido si ricoprono da un essudato appiccicoso, color arancio rosato chiaro, composte da milioni di spore.

Occasionalmente anche *C. acutatum*, può causare un lento deperimento e morte negli stadi finali, con un interessamento del colletto.

Il marciume del colletto (Fig. 54) della fragola è di solito causato da *C. fragariae e C. gloeosporioides*. I sintomi causati da questi due patogeni sono indistinguibili tra loro in campo. Le piante mostrano all'inizio sintomi riconducibili a stress idrico, anche se l'apporto idrico alla coltura è corretto.

In condizioni favorevoli alla malattia (temperature elevate >20°C) si può avere il collasso delle piante in 2-3 giorni. Di solito non ci sono sintomi su foglie e stoloni, ma quando si taglia la corona (colletto) si può vedere il classico sintomo di arrossamento.

I sistemi di difesa comprendono l'utilizzo di piante sane da vivaio. Le piante destinate al trapianto sono la principale sorgente d'inoculo, in quanto sono propagate di solito per via clonale (vegetativa). In pieno campo le infezioni possono essere portate dal terreno, da piante infestanti e da altre piante ospiti. Nei confronti di queste sorgenti d'inoculo il tunnel è estremamente efficace.

Poiché nel caso della coltivazione di fragola fuori suolo i sacchi di torba o substrato vengono rinnovati ogni anno, non c'è rischio di propagazione da una stagione all'altra, sempre che vengano rispettate le corrette operazioni di pulizia dei residui di piante della coltura precedente.

Fig. 57 - Marciumi da *Rhizopus* sp. su frutto di fragola

Da pianta a pianta l'infezione si propaga mediante i conidi (spore). È evidente che il tunnel, proteggendo dall'azione della pioggia, riduce la dispersione dei conidi e sfavorisce le infezioni, contribuendo a contenere la malattia nella parte aerea.

La copertura con i tunnel esercita però la sua azione più rilevante nei confronti dei marciumi dei frutti, sia in campo che durante la fase di post-raccolta.
In particolare nei confronti di *Botrytis cinerea* (muffa grigia), (Figg. 55 e 56) l'azione di protezione del tunnel fa sì che molto spesso non si debbano eseguire trattamenti antibotritici specifici. Anche nei confronti dei marciumi molli (Fig. 57) (*Rhizopus* spp. e *Mucor* spp.) e della muffa verde (*Penicillium* spp.) la copertura esercita una protezione pressoché totale.
Considerando quindi la globalità delle malattie della fragola, si può vedere come l'effetto della copertura tenda a ridurre o addirittura ad eliminare il rischio di gran parte di esse. Diverso è, invece, l'effetto nei confronti dell'oidio. Come già dettagliatamente descritto nei capitoli precedenti, la pioggia ha un effetto dilavante e inibibente sulla germinazione dei conidi.
Nei tunnel questo effetto positivo della pioggia viene a mancare, come anche la radiazione ultravioletta è fortemente ridotta. Ciò fa sì che, rispetto alle condizioni di pieno campo senza copertura, l'oidio diventi più virulento richiedendo un maggior impegno nella difesa.

La difesa contro l'oidio della fragola

I. Pertot

Metodi agronomici e varietà resistenti

L'obiettivo della produzione integrata è quello di ottenere frutta d'elevata qualità rispettando l'ambiente e la salute di consumatori e produttori, mantenendo gli standard economici imposti dal mercato.

La difesa integrata dai patogeni e parassiti si basa quindi su un'ottimizzazione dell'impiego dei fitofarmaci, utilizzando, dove è possibile, tutte le tecniche agronomiche, biologiche e biotecnologiche che ne possano limitare l'impiego alle situazioni di reale necessità.

La prerogativa più importante è una buona preparazione tecnica ed una formazione continua dell'agricoltore, ma soprattutto una profonda conoscenza della sua specifica situazione aziendale. Molte informazioni necessarie per un ottimale piano dei trattamenti nascono, oltre che da una buona conoscenza delle tecniche agronomiche, dei fitofarmaci e dei cicli degli insetti e malattie, anche da frequenti visite in campo e dall'annotazione puntuale di tutte le osservazioni fatte.

Mentre nei confronti di patogeni come la muffa grigia (*B. cinerea*) la concimazione può avere un ruolo molto rilevante nell'incidenza della malattia, lo stesso non può dirsi per l'oidio. È noto che i tessuti e le foglie giovani delle piante di fragola sono più sensibili alla malattia rispetto a quelle più vecchie. Di conseguenza ne risulta che la fase precedente la fioritura, quando si ha una forte produzione di nuove foglie, è la più delicata per la difesa antioidica. Uno squilibro di azoto rispetto a fosforo e potassio può indurre una maggior sensibilità nelle piante all'oidio, in quanto favorisce il lussureggiamento fogliare e ritarda la maturazione dei tessuti.

Maggiori benefici si potrebbero trarre da varietà resistenti. Per quanto riguarda la fragola non esistono pur-

Fig. 58 - Fragola, varietà Elsanta

troppo varietà completamente resistenti all'oidio, ma alcune di esse mostrano un buon grado di tolleranza. Nella pratica, tuttavia, la scelta varietale è condizionata da numerosi altri fattori, quali: qualità organolettiche e regolarità di forma dei frutti, produttività, adattabilità alla produzione in fuori suolo in tunnel, buona resa in vivaio e rapida entrata in produzione, ecc.

Gran parte delle varietà tolleranti all'oidio disponibili oggi sul mercato non soddisfano le esigenze di produttori e consumatori, facendo spesso cadere la scelta su varietà che purtroppo hanno una discreta sensibilità all'oidio. È il caso particolare delle più diffuse varietà Elsanta (Fig. 58) e Darselect che necessitano di un'attenta protezione antioidica, soprattutto nel coltivazione fuori suolo sotto tunnel.

Si è detto che i conidi dell'oidio hanno un ampio intervallo di temperature ed umidità a cui possono germinare, parassitizzare la pianta ospite e produrre nuove copiose sporulazioni. L'unico fattore limitante è dato dalla presenza d'acqua, che blocca la germinazione dei conidi, o di pioggia che ha anche capacità dilavante nei confronti delle spore.

Nelle condizioni della coltura sotto tunnel in Trentino, le temperature, se si fa eccezione alle notti dei mesi primaverili e ad alcune ore del giorno dei periodi più caldi, non sono mai tali da risultare proibitive per lo sviluppo del patogeno. Ovviamente la copertura con tunnel ha proprio lo scopo di evitare la bagnatura delle piante per limitare il più importante patogeno della fragola, la muffa grigia ai frutti (*B. cinerea*) e migliorare la qualità e la conservabilità dei frutti. Di conseguenza sotto tunnel ci troviamo nelle condizioni ottimali per lo sviluppo dell'oidio, con poche possibilità d'intervento.

È solamente possibile ritardare la copertura con polietilene fino all'inizio

Fig. 59 - Cleistoteci

della fioritura nei primi cicli ed eventualmente bilanciare l'irrigazione di raffrescamento soprachioma.

Poiché i cleistoteci (Fig. 59) sembrano essere una delle sorgenti più importanti per l'inoculo primaverile, è necessario verificare la loro presenza sulle piantine prima dello svernamento, mantenendo alta, in loro presenza, l'attenzione nelle prime fasi colturali.

Nei tunnel uno dei fattori importanti nell'avvio di nuove infezioni è la presenza di inoculo, cioè macchie di oidio in attiva sporulazione. È dunque importante rimuovere o continuare i trattamenti sulle piante al termine della produzione, in particolare quando si vengono a sovrapporre cicli colturali in tunnel vicini o si adotta la tecnica "a ponte", per cui le piante del nuovo ciclo attendono in campo prima di essere posizionate sui supporti, spesso sotto o a fianco alla coltura a fine produzione.

In presenza di forti attacchi su una coltura in terminazione, può essere utile posizionare teli di polietilene tra i tunnel con le piante infette e quelli con le piante appena trapiantate, creando di fatto una barriera fisica che prevenga il volo delle spore. Sembra ovvio, ma molto spesso è trascurata la pianificazione della sequenza delle colture in campo in tunnel contigui, soprattutto nella direzione del vento.

È opportuno quindi valutare se esiste una direzione preferenziale del movimento dell'aria all'interno e nella sequenza di tunnel, posizionando i primi cicli colturali sottovento rispetto ai seguenti.

Gli stoloni rappresentano un'importante sorgente d'inoculo, sia perché i tessuti giovani delle foglie sono molto recettivi alle nuove infezioni, sia perché è più difficile raggiungerli con i trattamenti.

Nel caso di forti attacchi agli stoloni si consiglia di intervenire con un trattamento localizzato solo su essi o,

Fig. 60 - Oidio: sintomi su frutto

se possibile, procedere quanto prima all'asportazione.

L'attrezzatura con cui si eseguono i trattamenti è spesso trascurata o non tenuta in debito conto. La scelta della macchina adeguata alla dimensione e manodopera aziendale, la sua taratura e manutenzione garantiscono, come per altre colture, un'ottimale distribuzione dei fitofarmaci e, quindi, una migliore efficacia fungicida.

Bisogna verificare al termine del trattamento che il principio attivo abbia raggiunto le parti più sensibili della pianta (foglie giovani, stoloni, ecc.) e soprattutto entrambe le lamine fogliari, in quanto l'oidio è in grado di dare avvio all'infezione sia sulla pagina fogliare inferiore, sia su quella superiore.

Le goccioline devono essere piccole ed uniformi, senza fenomeni di sgrondamento. Le dosi di principio attivo riportate in etichetta vanno sempre rispettate, scegliendo la dose indicata più bassa.

Fungicidi chimici di sintesi

A seguito della recente revisione delle registrazioni cui i fitofarmaci sono stati sottoposti nell'Unione Europea, i principi attivi utilizzabili nei confronti dell'oidio sulla fragola in Italia sono pochi. I dati in seguito riportati si riferiscono al momento della stesura di questo libro, per cui si suggerisce sempre di verificare lo stato attuale dell'impiegabilità su fragola dei principi attivi e degli intervalli di sicurezza. Per schematicità e semplicità nella spiegazione, gli antioidici saranno riportati indicando il gruppo o famiglia chimica cui appartengono.

Zolfo

Lo zolfo, con più di 70 prodotti commerciali attualmente disponibili sul mercato, è il più vecchio e diffuso principio attivo nei confronti dell'oidio (Fig. 60).

Esso può essere applicato in forma

bagnabile o polverulento. Lo zolfo agisce allo stato elementare dopo sublimazione (passaggio dallo stato solido a quello gassoso, senza divenire liquido). Per questo la sua efficacia è legata alla temperatura, alla finezza delle particelle e all'umidità relativa. Affinché lo zolfo possa esplicare la sua azione, la temperatura ambientale deve essere sufficientemente elevata per permettere la formazione del sublimato dalle particelle solide. L'azione fungicida inizia con temperature minime di 10-12 °C con particelle molto fini ed aumenta progressivamente sino a 40°C. Tanto più elevata è la temperatura, tanto più la sublimazione è rapida ed, ovviamente, elevata la prontezza ed intensità d'effetto, ma di conseguenza anche la fitotossicità. Infatti lo zolfo agisce sull'oidio grazie alla sua azione caustica e tossica, che però in misura più o meno elevata si esplica anche sulla pianta. È necessario quindi fare attenzione alle applicazioni di zolfo, soprattutto:

- con trattamenti ripetuti,
- con piante in attiva crescita con tessuti teneri,
- con temperature elevate.

Gli effetti fitotossici si notano in una minore vigoria delle piante, ma anche con ustioni più o meno gravi sulle foglie, che quindi possono ridurre l'attività fotosintetica e di conseguenza la qualità e la quantità della produzione. Lo zolfo può ledere il polline ed i primi stadi di sviluppo del frutto causandone deformazione. La dimensione delle particelle è di notevole importanza: quando si voglia un'azione rapida o effettuano le applicazioni con temperature basse, è importante scegliere zolfo con particelle molto fini, mentre quando le temperature sono elevate o si vuole un'azione più lenta e progressiva, allora sono consigliate particelle di dimensioni maggiori.

L'azione dello zolfo diminuisce con l'aumentare dell'umidità relativa ambientale. La forma bagnabile ha una maggiore persistenza, mentre lo zolfo polverulento è particolarmente efficace quando si cerca un'azione forte e rapida, soprattutto quando ci siano sporulazioni attive in corso (Fig. 61). Infatti, pur non essendo curativo, lo zolfo polverulento riesce ad inattiva-

Fig. 61 - Oidio: sintomi su foglia

re buona parte del micelio, dei rami conidiofori e dei conidi, imponendo un deciso rallentamento della malattia, che resta visibile per alcuni giorni.
Lo zolfo è consigliato nella seconda parte del ciclo della pianta, per il suo forte potere tossico nei confronti dei conidi eventualmente presenti, per il minor rischio di fenomeni fitotossici, per la sua maggior capacità di penetrazione tra le foglie (soprattutto nel caso dello zolfo polverulento), per i sui brevi tempi di carenza e per il minor rischio di presenza di residui nei frutti rispetto ad altri principi attivi. Lo zolfo inoltre è valido, quando è usato in alternanza, per prevenire i fenomeni di resistenza d'alcuni fungicidi (strobilurine, IBE). Esso infatti, penetrando nelle cellule fungine grazie alla sua liposulibilità, è in grado di danneggiare la membrana cellulare, con la conseguente disidratazione e morte del fungo. In aggiunta a ciò si sostituisce all'ossigeno come accettore d'elettroni nella catena respiratoria (citocromo b), impedendo la formazione di ATP, necessario alla produzione di energia nel fungo.
Lo zolfo ha inoltre un'azione secondaria sugli acari. Non è però selettivo per insetti utili (imenotteri parassiti, acari fitoseidi e predatori come miridi ed antocoridi).
L'intervallo di sicurezza (tempo di carenza) è di 5 giorni.

Strobilurine

Per l'impiego su fragola, relativamente a questo gruppo, noto come fungicidi a meccanismo QoI STAR (Strobilurin Type Action and Resistance), l'unico principio attivo registrato è Azoxystrobin (Fig. 62) (Ortiva, ecc.). Il meccanismo d'azione è caratterizzato dall'inibizione della respirazione mitocondriale. Il principio attivo ha

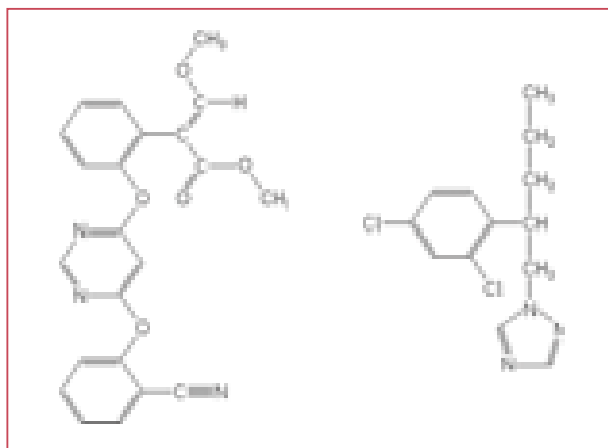



Fig. 62 - Struttura chimica dell'Azoxystrobin (sinistra) e del Penconazolo (destra)

azione preventiva, ma viene anche parzialmente assorbito dalla pianta; ha un ampio spettro d'azione ed è efficace a dosi molto basse. È selettivo per api, bombi ed artropodi utili. Poiché può favorire lo sviluppo di resistenze nel patogeno non deve essere impiegato più di tre volte nel corso della stagione.
L'intervallo di sicurezza (tempo di carenza) è molto breve (3 giorni).

Pirimidine

A questo gruppo appartiene il principio attivo Fenarimol (Rubigan, Rubifen, ecc.). Il meccanismo d'azione è basato sull blocco della demetilazione dello sterone nel metabolismo del patogeno. I prodotti a base di Fenarimol sono endoterapici sistemici, applicabili però fino ad inizio fioritura, e possibilmente una sola volta, in quanto i residui persistono a lungo, con il rischio di superare il residuo massimo tollerato sui frutti alla raccolta.

Triazoli

Questo gruppo è anche noto con il nome di "Inibitori della Biosintesi dell'Ergosterolo (IBE)". Sono principi attivi endoterapici, che hanno azione preventiva e curativa. I fungicidi triazoli inibiscono l'enzima 14-α-demetilasi, il citocromo P450(CYP) nella via biosintetica dell'ergosterolo. Questa inibizione altera la sintesi della membrana a causa della carenza di ergostrolo e porta all'accumulo di precursori degli steroli tossici per il metabolismo del fungo.
Gli unici principi attivi registrati su fragola sono Miclobutanil (Thiocur, Sistane, ecc.), con 3 giorni di carenza e Penconazolo (Fig. 62) (Topas, ecc.) con 14 giorni. Non si deve superare il numero totale di quattro trattamenti con prodotti di questo gruppo. Nel caso di penconazolo il residuo massimo tollerato è stato recentemente abbassato, per cui si consiglia di applicarlo una volta e soprattutto nelle fasi iniziali del ciclo della pianta.

Strategie anti-resistenza

Un impiego alternato dei principi attivi può ritardare per un lungo periodo la formazione di ceppi resistenti nelle popolazioni del patogeno. È necessario però alternare principi attivi con diverso meccanismo d'azione. I principi attivi impiegati dovrebbero appartenere pertanto a gruppi diversi. La strategia anti-resistenza deve iniziare prima che i mezzi adottati perdano la loro efficacia. Alcuni principi attivi, con meccanismi "a singolo sito", sono particolarmente predisposti ad indurre facilmente la formazione di resistenza. Perciò sono da usare in modo limitato: per le Strobilurine si consiglia di non superare un massi-

mo di 3 applicazioni/anno, per gli Inibitori della biosintesi dell'ergosterolo, un massimo di 4 applicazioni anno.

Fungicidi microbiologici e prodotti di origine naturale

Ampelomyces quisqualis

A. quisqualis è un fungo in grado di parassitizzare naturalmente l'oidio (Kiss *et al.*, 2004). È l'antagonista più noto e studiato (Fig. 63). Infatti AQ10, il biofungicida che lo contiene è il primo esempio d'utilizzo commerciale di questi antagonisti naturali. Nel prodotto commerciale AQ10 il microrganismo è formulato e preparato in maniera tale da potersi conservare per un determinato periodo (un anno a temperatura ambiente, fino a due anni se conservato in frigorifero a 10°C). Essendo un organismo vivente vanno però messe in atto alcune precauzioni, come rispettare la data di scadenza, conservarlo in posto fresco e asciutto e lontano da fonti di calore, fare attenzione alla miscibilità con altri fitofarmaci ed al momento di applicazione.

Quest'iperparassita sviluppa i suoi picnidi (corpi fruttiferi che contengono i conidi) all'interno delle ife dell'oidio (Fig. 63). In presenza d'acqua, questi liberano i conidi dell'iperparassita che germinano e penetrano nelle ife dell'oidio, a temperature ottimali di 20-30°C ed elevata umidità relativa. Dopo la penetrazione all'interno dell'oidio, che si completa in circa 24 ore, le ife di *A. quisqualis* continuano a crescere a spese del patogeno. Gli schizzi d'acqua ed il vento contribui-

Fig. 63 *Ampelomyces quisqualis* in un disegno di Moesz (1912), modificato da Tulasne. Si vedono i conidi dell'oidio (c) e i picnidi di *A. quisqualis* (a)

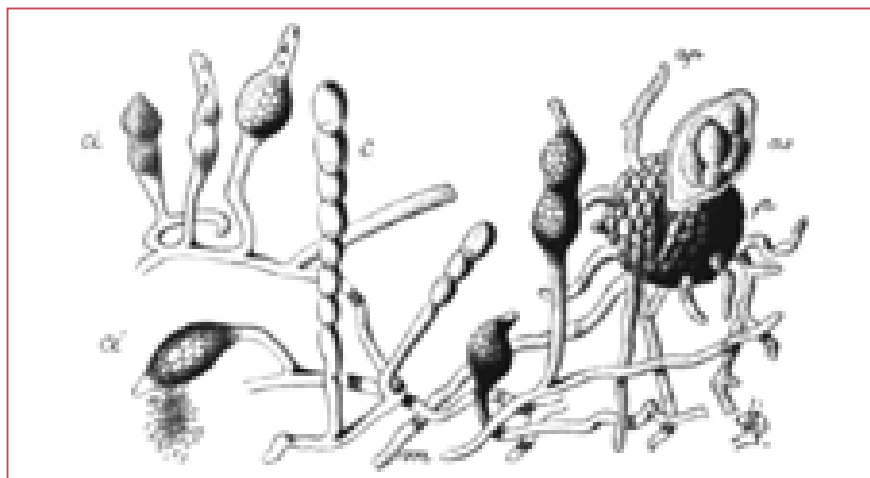
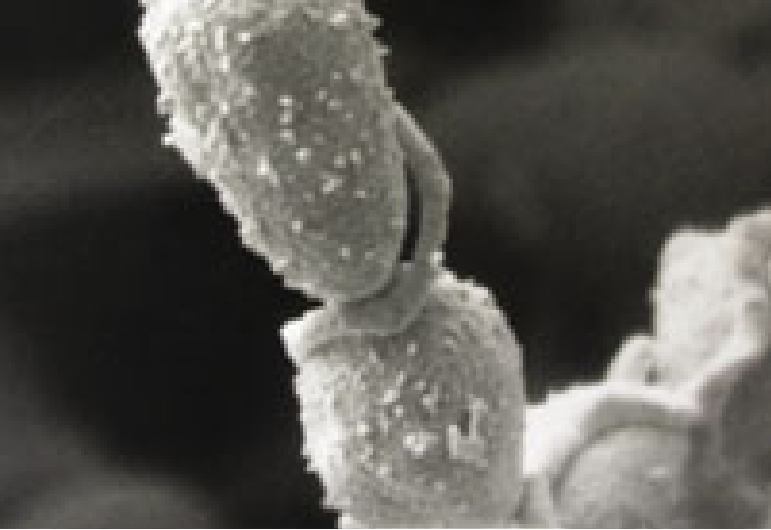



Fig. 64 - Ife di un fungo antagonista su conidi di oidio

scono alla diffusione in natura di *A. quisqualis*. Le colonie di oidio parassitizzate da *A. quisqualis* appaiono grigie e meno polverulente di quelle normali.

A differenza di altri antagonisti come *Trichoderma* spp. che producono sostanze antimicrobiche, inducono resistenza nella pianta o competono per nutrienti e spazio con il patogeno, *A. quisqualis* agisce come vero e proprio micoparassita, vivendo a spese dell'oidio stesso. *A. quisqualis* distrugge, nutrendosene, ife, micelio, conidi e rami conidiofori, in modo tale che l'oidio così danneggiato soccombe, con il risultato di limitare i danni per la pianta. Richiede però temperature non troppo elevate e soprattutto alta umidità relativa per esplicare il suo effetto.

Questa è sicuramente una forte limitazione nelle applicazioni in campo, dove soprattutto durante le ore calde della giornata in estate l'umidità relativa all'interno dei tunnel è molto bassa. Inoltre per la natura stessa degli iperparassiti (Figg. 64 e 65), che devono avere una certa quantità di fungo ospite per sopravvivere, è necessario poter tollerare un certo grado di malattia. La presenza di una certa quantità di oidio da parassitizzare deve essere quindi già presente. Poiché l'efficacia di AQ10 nei confronti dell'oidio della fragola sotto tunnel è molto bassa (Pertot *et al.*, 2004), non va utilizzato nelle prime fasi di elevata suscettibilità della pianta. Un suo migliore impiego può essere visto durante il periodo della raccolta, con medio-bassa presenza di oidio, quando sono richiesti prodotti che non lascino residui sul frutto ed abbiano un intervallo di sicurezza molto limitato.

A. quisqualis non è tossico per l'essere umano, gli animali e gli insetti ed ha un tempo di carenza di soli tre giorni.

Il prodotto commerciale va miscelato con un olio estivo o con un protet-

Fig. 65 - Particolare del fungo antagonista che circonda il conidio

tivo contro la disidratazione (es. Vaporgard), la busta va sciolta prima in poca acqua e poi diluita alla concentrazione finale.
Una volta aperta la busta, il prodotto rimanente non va riutilizzato. La sospensione deve essere utilizzata entro dodici ore.

Bicarbonato di sodio, di potassio, carbonato di calcio, fosfato di potassio, oli minerali

A seguito della forte spinta a trovare alternative ai fitofarmaci di sintesi, sono stati studiati diversi prodotti per la difesa degli oidi in svariate colture (Daayf *et al.*, 1997; Horst *et al.*, 1992; Pasini *et al.*, 1997; Verhaar *et al.*, 1999; Wilson 1997). In particolare è stato studiato l'uso di oli minerali, sali ed estratti naturali, soprattutto per le coltivazioni in serra (Bélanger e Benyagoub, 1997).

Il fosfato di potassio, i bicarbonati di potassio, sodio ed ammonio e gli oli minerali, che sono risultati spesso utili su altre colture come rosa (Horst *et al.*, 1992; Reuveni *et al.*, 1994; Pasini *et al.*, 1997), peperone (Fallik *et al.*, 1997), pomodoro (Demir *et al.*, 1999), evonimo (Ziv e Hagiladi, 1993), cetriolo (Ziv e Zitter, 1992; Reuveni *et al.*, 1996; Steinhauer e Besser, 1997; McGrath e Shishkoff, 1999) e vite (Reh e Schlosser, 1994, 1995; Falk *et al.*, 1995a, b; Bourbos, 1998), non sono però sufficientemente efficaci nei confronti dell'oidio della fragola (Pertot *et al.*, 2004).
I sali precedentemente citati, incluso il carbonato di calcio, e gli oli estivi non sono efficaci né per bloccare la germinazione di *S. macularis*, né il suo allungamento. Prove in campo hanno confermato l'inefficacia di questi prodotti negli ambienti trentini (Pertot *et al.*, 2004).

Le strategie per ridurre l'impiego di fungicidi

I. Pertot

Il residuo massimo tollerato

L'Unione europea ha un sistema che permette di definire il Residuo Massimo Tollerato (RMT) basato su criteri scientifici, che è in grado di proteggere i consumatori inclusi le categorie più sensibili, come i bambini. Il sistema è costantemente aggiornato e revisionato (Fig. 66). Il residuo massimo tollerato dei fitofarmaci negli alimenti non è un limite tossicologico, ma bensì molto al di sotto di questa soglia. Esso rappresenta quel residuo massimo del principio attivo che potrebbe essere presente nei prodotti agricoli trattati con fitofarmaci che lo contengono, avendo utilizzato una corretta pratica agricola. Nella definizione degli RMT si verifica approfonditamente che essi non diano origine a problemi tossicologici. Allo stato attuale sono stati identificati più di 17.000 RMT relativamente a 133 principi attivi.

Le direttive europee che definiscono i RMT sono la CEE/76/895, CEE/86/362, CEE/86/363 e CEE/90/642.

Per determinare il residuo massimo tollerato per un fitofarmaco ci si basa su diversi aspetti, in particolare:

- sul residuo che si trova in una coltura trattata con il fitofarmaco, utilizzando buone pratiche di campagna (good agricultural practice);
- sull'uso di modelli che calcolano la probabile assunzione giornaliera del consumatore, in condizioni normali e nelle peggiori, sulla popolazione europea, su quelle dei singoli stati e nelle fasce più deboli o sensibili (ad esempio i bambini);
- sui dati derivanti dai test tossicologici che permettono di determinare l'assunzione giornaliera accettabile (acceptable daily intake). Di solito ciò corrisponde a trovare la dose massima che non dà effetti avversi in caso di esposizione prolungata per tutta la durata della vita (cronica), riferendosi ovviamente

Fig. 66 - Ricerca e sperimentazione in condizioni controllate in serra sulla fragola

sempre anche alla dose massima relativa ad un'esposizione di breve periodo (acuta).

Fin dal 1996 la Commissione europea ha attivato programmi di monitoraggio, coordinati a livello comunitario, che vanno a complementare i programmi nazionali. Questi programmi hanno l'obiettivo di garantire che i cibi abbiano residui nella norma rispetto alle leggi e a monitorare in modo continuativo il livello d'esposizione cui i consumatori sono esposti.

Intervallo di sicurezza dei trattamenti dal raccolto (periodo di carenza)

Gli intervalli di sicurezza, ovvero il tempo che deve intercorrere fra l'ultimo trattamento e l'inizio della raccolta, sono fissati dalla legge al pari dei RMT. Questi tempi possono variare da coltura a coltura e sono oggetto di continuo aggiornamento. Rispettando il periodo di carenza non sempre si ha la garanzia che il residuo sia inferiore ai limiti fissati dalla legge, soprattutto se ci sono stati fenomeni di accumulo dovuti a ripetuti trattamenti. Specialmente in prossimità della raccolta, sono sempre da preferirsi i prodotti antiparassitari con un breve periodo di sicurezza.

Integrazione di fungicidi e agenti di biocontrollo per la riduzione dei residui nel frutto

In Trentino, dal 2001 al 2003, sono state svolte numerose prove sperimentali in tunnel, per comparare l'efficacia dei diversi principi attivi nei confronti dell'oidio della fragola.

Sono state confrontate strategie che impiegano principi attivi appartenenti a gruppi diversi (anti-resitenza), con strategie integrate con biofungicidi. I biofungicidi (commerciali e sperimentali sono stati anche applicati da

soli durante tutto il ciclo produttivo per verificare il loro grado di efficacia. In particolare si riportano i dati relativi alle prove effettuate nel corso del 2003 in due località, Canezza e Pergine. Le strategie confrontate sono elencate nella tabella 6.

Le strategie si sono basate sul principio che l'oidio va controllato puntualmente nelle prime fasi di crescita della pianta, con prodotti efficaci, possibilmente sistemici e curativi, che hanno più problemi per quanto riguarda i residui sui frutti. Lo zolfo e i biofungicidi vengono posizionati nella fase più vicina alla raccolta.

Le strategie baste sull'integrazione di principi attivi chimici (strategie 1, 2 e 3) hanno permesso di ottenere un buon controllo della malattia con residui sui frutti inferiori ai limiti di legge o non determinabili (Fig. 67). Va evidenziato che applicando due trattamenti a base di penconazolo il residuo nei frutti si avvicinava alla soglia massima ammessa, nelle prove effettuate nel corso di tre anni di sperimentazione, per cui va ribadita l'attenzione nei trattamenti con questo prodotto.

Nella strategia 3 si è applicato *A. quisqualis* (AQ10) nelle fasi finali del ciclo ottenendo risultati interessanti, con una riduzione del numero totale di fitofarmaci chimici. Nelle strategie bio 1 e bio 2, in cui si è utilizzato principalmente un biofungicida sperimentale (*T. harzianum T39*), si è

Tab. 6 - Sono riportate le sequenze dei prodotti utilizzati; i trattamenti sono stati applicati settimanalmente a partire da una settimana dopo l'impianto

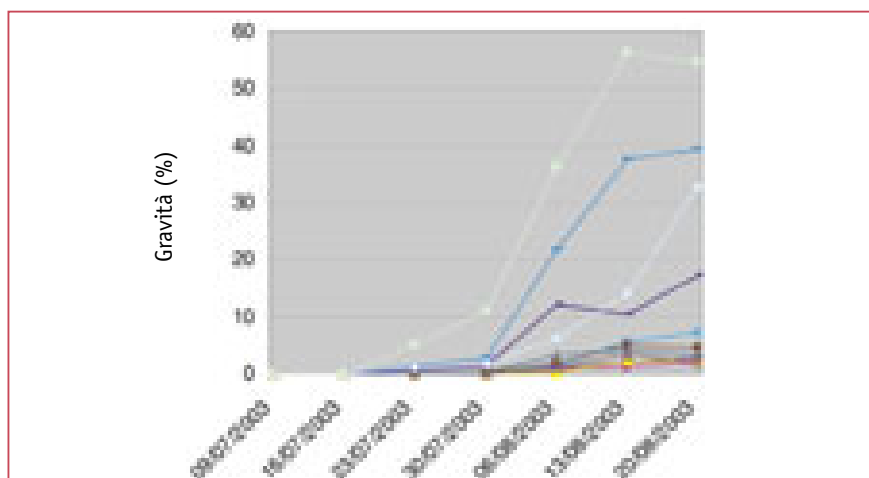
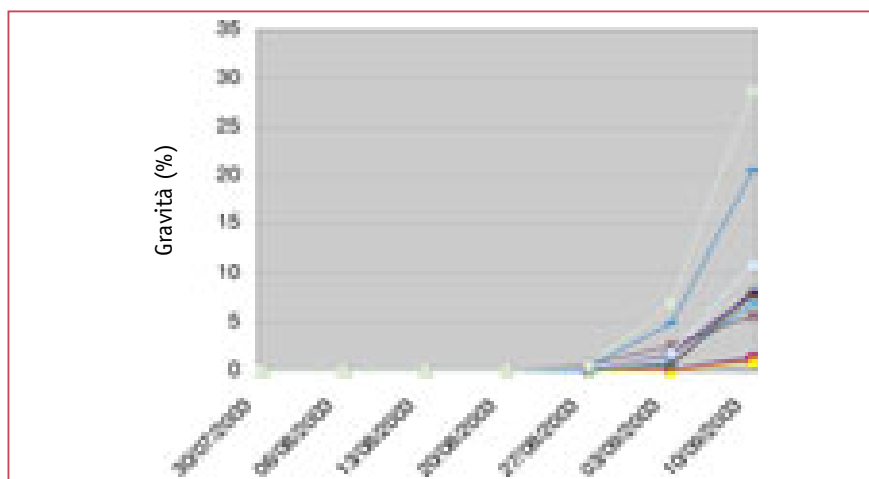
	Sequenza dei trattamenti						
Strategia 1	Az	P	P	Z	Az	Z	Z
Strategia 2	F	P	Az	Z	Z	Az	Z
Strategia 3	Az	Z	P	Az	A+O	A+O	A+O
Strategia zolfo 1	Az	P	Z	Z	Z	Z	Z
Strategia bio1	Az	T+O	T+O	T+O	T+O	Az	A+O
Strategia bio 2	Az	P	T+O	T+O	T+O	A+O	A+O
Strategia zolfo 2	Az	P	S	S	S	S	S
Solo *T. harzianum*	T+O	T+O	T+O	T+O	T+O	T+O	T+O
Solo AQ10	A+O	A+O	A+O	A+O	A+O	A+O	A+O
Solo *B. subtilis*	B	B	B	B	B	B	B
Non trattato	C	C	C	C	C	C	C

Legenda dei prodotti usati:

Az= Azoxystrobin (Ortiva), usato a 0,8 ml/l; P= Penconazolo (Topas), usato a 0,4 ml/l; F= Fenarimol (Rubigan) usato a 0,3 ml/l; Z= zolfo (Thiovit), usato a 3,0 g/l; S= zolfo (Heliosoufre), usato a 1,5 ml/l; A= *A. quisqualis* (AQq0), usato a 8,0 g/l; T= *T. harzianum* T39 usato a 4,0 g/l; B= *B. subtilis*; O= Pinolene usato a 1,0 ml/l; P= olio minerale estivo (UFO) usato a 1,5 ml/l; C= acqua (non trattato).

ottenuta una diminuzione maggiore dei fitofarmaci chimici, ma a discapito dell'efficacia. Utilizzando prevalentemente zolfo si ha un buon controllo della malattia, ma con una leggera riduzione della vigoria delle piante.
I biofungicidi testati nel corso dei tre anni se utilizzati da soli, sono in grado di ridurre la malattia, ma non ai livelli richiesti dagli standard produttivi del mercato.

La via da percorrere va quindi verso una "personalizzazione" dei piani dei trattamenti specifici per le condizioni ambientali ed aziendali, ed una maggiore integrazione con biofungicidi e prodotti a basso impatto. Sarà necessario quindi investire nei prossimi anni nella ricerca di prodotti naturali, microrganismi antagonisti e strategie basate sull'attenta previsione del rischio della malattia.

Fig. 67 - Risultati ottenuti a Canezza (sopra) e Pergine (sotto) nella sperimentazione effettuata nel corso del 2003 sull'impiego di strategie per la riduzione dell'oidio

L’agricoltura sostenibile

R. Moser

L’aumento dei costi di produzione, l’uso di risorse non rinnovabili, la riduzione della biodiversità, la contaminazione delle acque, i residui chimici nei cibi, la degradazione del suolo e i rischi per la salute degli agricoltori che utilizzano i pesticidi pongono il problema della sostenibilità dei sistemi agricoli convenzionali.

Ma vediamo qual è il significato di “sostenibilità” in agricoltura.

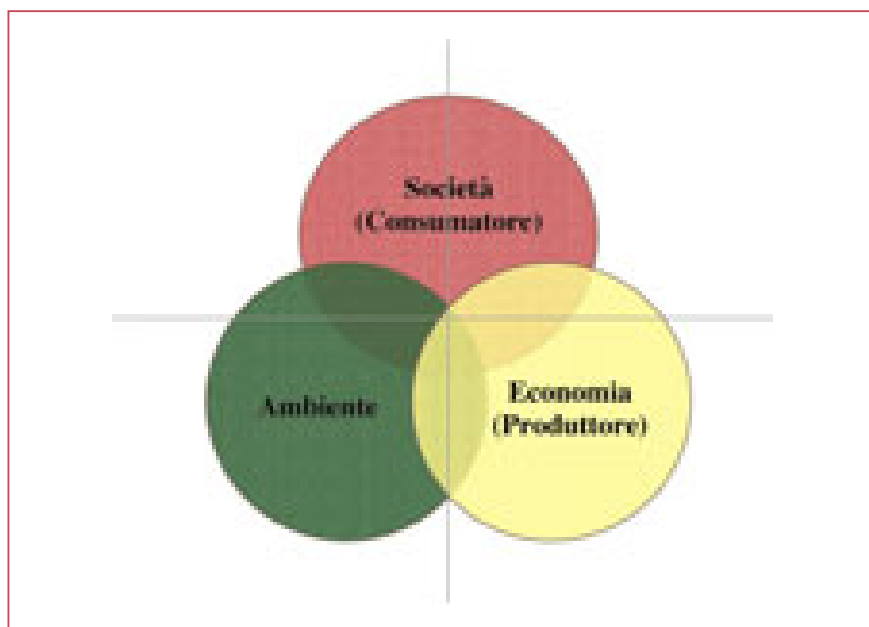
Dare una definizione di “agricoltura sostenibile” è assai complesso. Secondo Pretty (2003) l’agricoltura sostenibile è quell’insieme di tecnologie e pratiche che massimizzano la produttività della terra cercando di minimizzare i danni, sia alle risorse naturali (suolo, acqua, aria e biodiversità), sia alla salute umana (agricoltori ed altri residenti nelle zone rurali, consumatori). L’agricoltura sostenibile è quindi in grado di preservare l’ambiente, utilizzando tecniche adeguate, remunerative e socialmente desiderabili (FAO, 1999).

La sostenibilità si compone di tre dimensioni (Fig. 68): economica, ambientale e sociale (European Commission, 2001).

- *La dimensione economica*
  Essa concerne l’idoneità a salvaguardare una capacità produttiva in grado di soddisfare i bisogni correnti e futuri, attraverso l’uso efficiente delle risorse naturali. Riguarda inoltre la capacità di assicurare un reddito soddisfacente per gli operatori agricoli inseriti in contesti rurali svantaggiati, soprattutto attraverso la multifunzionalità dell’azienda.
- *La dimensione ambientale*
  Essa fa riferimento all’abilità di mantenere le risorse naturali in quantità sufficiente, riducendo i possibili danni e favorendo al contempo gli effetti benefici prodotti dall’attività agricola sull’ambiente circostante. Questa dimensione punta, quindi, sui processi di natura biologica, sulla biodiversità e

sulla protezione delle risorse genetiche. Essa è generalmente considerata in relazione agli stili di vita umani, cioè relativamente alle funzioni ambientali richieste per sostenere un particolare stile di vita o una determinata attività economica (Gibbon e Jakobsson, 1999).

- *La dimensione sociale*
  Questa dimensione riguarda l'attitudine a mantenere un'equità sociale, intergenerazionale e intragenerazionale, accettabile nella distribuzione dei redditi (all'interno del settore agricolo e tra tale settore ed il resto dell'economia),

Fig. 68 - Il concetto di sostenibilità: interrelazione tra tre dimensioni

Fonte: ARE, 2005

nei prezzi equi per produttori e consumatori, nell'equilibrio delle opportunità occupazionali tra aree rurali e urbane. Riflette inoltre la capacità del sistema di supportare adeguatamente i produttori, sia da parte delle comunità sociali, sia delle istituzioni. Inoltre si riferisce alla capacità di alcune tecniche agronomiche di ridurre il rischio per la salute umana dei consumatori, agricoltori e residenti nelle aree agricole.

A queste tre dimensioni si aggiunge una quarta, la sostenibilità istituzionale, cioè la capacità di assicurare condizioni di stabilità, democrazia, partecipazione, informazione, formazione e giustizia.

Tenendo presente queste diverse dimensioni di sostenibilità e la loro declinazione nello specifico contesto italiano, è possibile individuare alcuni ambiti per la loro maggiore integrazione (AA.VV., 2005):

- l'efficienza della produzione e del consumo, intesa come internalizzazione e riduzione dei costi ambientali e valorizzazione nel medio termine di opportunità e vantaggi economici correlati (integrazione della dimensione economica e ambientale);
- l'accesso di tutti alle risorse e alla qualità ambientale, intesa anche con riferimento ai paesi più poveri del mondo e alle generazioni future (integrazione della dimensione sociale e ambientale);
- la qualità della vita degli individui e delle comunità, intesa come intreccio tra qualità ambientale e degli spazi costruiti, condizioni economiche e di benessere e coesione sociale (integrazione della dimensione sociale, economica e ambientale);
- la competitività locale, intesa come capacità innovativa che investe nel capitale naturale e sociale e valo-

rizza e potenzia le risorse locali (integrazione della dimensione istituzionale, economica e ambientale);

- la *governance* e l'*empowerment* locali, ovvero la consapevolezza sui temi della sostenibilità da parte dei governi e delle comunità locali, la capacità di dialogo, di assunzione di responsabilità, di gestione, di investimento e valorizzazione di risorse pubbliche e private, e del suo consolidamento nel tempo (integrazione della dimensione istituzionale, sociale e ambientale).

L'agricoltura sostenibile è quindi definibile in funzione di un insieme di criteri non solamente ambientali, ma anche economici, sociali e istituzionali.
In sintesi, essa si prefigge l'obiettivo di coltivare in modo efficiente e produttivo, preservando e migliorando l'ambiente e le comunità locali, prevedendo il minimo impiego possibile di elementi estranei (fertilizzanti e pesticidi di sintesi), pur continuando a produrre raccolti con una resa elevata e una buona qualità. Il suo modo di operare dovrà tenere conto che gli eventuali effetti nocivi sull'ambiente siano minimizzati.
Dovrà contribuire a migliorare le condizioni per i membri della comunità locale, mediante la creazione di posti di lavoro tutelando l'ambiente.
Il concetto di "agricoltura sostenibile" racchiude, quindi, in sé la creazione di un sistema agricolo economicamente vitale, eco-compatibile e socialmente equo (Barnett, 1995).

La sostenibilità economica

Per avere un'agricoltura ecocompatibile è necessario, quindi, individuare ed utilizzare tecniche a minor impatto ambientale, ovvero che siano in grado di garantire il mantenimento nel tempo della capacità produttiva di un agro-ecosistema nonostante lo sfruttamento a cui è sottoposto. Tuttavia

per la promozione e la diffusione di una tale agricoltura è auspicabile che tali tecniche siano compatibili con gli obiettivi d'efficienza economica e gestionale dell'azienda.

Metodologia per determinare la sostenibilità economica di una strategia di difesa

L'agricoltura è "economicamente sostenibile" quando produce alimenti sani, di qualità, a costi accettabili per il consumatore e con adeguata remunerazione dei redditi da lavoro per gli agricoltori.

L'aspetto economico è dunque un fattore importante che deve essere preso in considerazione nello sviluppo di una strategia di difesa.

Si ricorda che qualsiasi valutazione di costi e benefici di un'ipotetica nuova strategia deve poi essere verificata successivamente nella realtà operativa.

Affronteremo l'ipotesi di confrontare e valutare alcune strategie di difesa, basate su una diversa sequenza di principi attivi chimici e biofungicidi, per controllare l'oidio su fragola.

Tra le strategie è necessario identificare dei gruppi che corrispondono a maggiore o minore impiego di biofungicidi rispetto alla tecnica tradizionale. Ad esempio si possono identificare i seguenti gruppi:

a) strategie di lotta integrata (IPM), basate sull'uso esclusivo di fungicidi chimici,
b) strategie che integrano prodotti chimici con biofungicidi,
c) strategie basate sul solo uso di biofungicidi.

Le prime valutazioni riguarderanno i benefici e i costi aggiuntivi per ogni strategia attuata. Dal lato benefici si deve:

- verificare se è presente un eventuale "premio" (in termini di prezzo) per le fragole ottenute con le strategie che integrano i biofungicidi (minore uso di pesticidi chimici);
- quantificare il minor impatto ambientale;
- calcolare il minor rischio per l'agricoltore ed il consumatore.

Dal lato dei costi è necessario calcolare il costo delle strategie in termini di quattro fattori:

- il numero di trattamenti effettuati contro l'oidio;
- il numero di frutti colpiti, cioè una perdita di produzione data da una minor efficienza nel controllo del patogeno da parte di fungicidi più blandi e quindi minor reddito;
- la presenza di residui di fitofarmaci usati nella frutta al momento della raccolta;
- il fattore tempo inteso come tempo speso per applicare i diversi trattamenti.

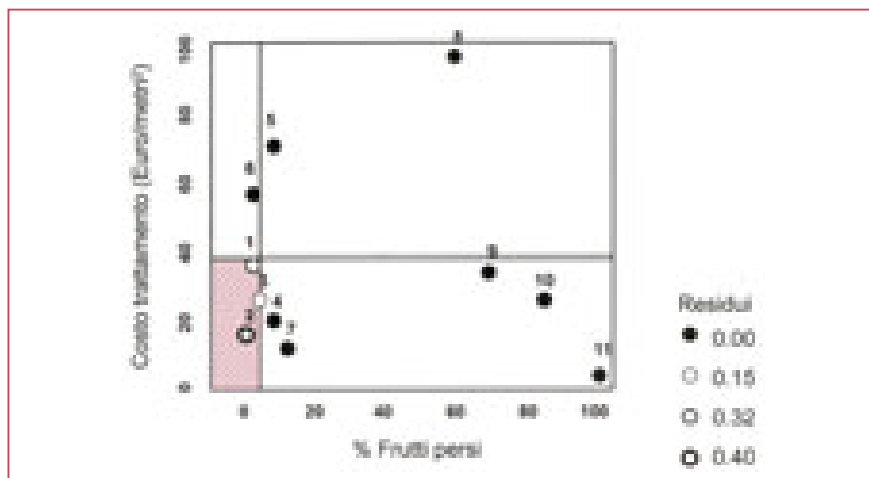
Una volta stabiliti i fattori importanti, si passa alla ricerca e rilevazione dei dati e successivamente alla loro analisi. Si ricorda che per alcuni benefici, quali il "premio", la riduzione del rischio ambientale e sociale, non ci sono ancora stime e dati ufficiali o non esiste ancora un valore di mercato, e quindi non è possibile tenerne conto nella valutazione economica.

I passi fondamentali nella raccolta dei dati sono:

1. *conoscere le dosi* del fitofarmaco da applicare per ogni 1000 m^2 di superficie coltivata;
2. *rilevare il prezzo* di mercato dei diversi fungicidi usati nelle diverse strategie. Una volta ottenuti tutti i prezzi, bisogna calcolare il prezzo unitario, ad esempio euro/grammo o euro/millilitro, dividendo il prezzo della confezione per grammi o millilitri contenuti;
3. *calcolare il costo di ogni singolo trattamento*: si moltiplica il prezzo unitario per la dose da applicare;
4. *calcolare il costo di ogni strategia per 1000 m^2*: sommando i prezzi dei diversi trattamenti contenuti nelle diverse strategie;
5. *stimare le perdite di produzione che mediamente si avrebbero con le nuove strategie:* si possono utilizzare ad esempio le perdite ottenute in prove di efficacia in campo;
6. *calcolare il costo medio del programma antiparassitario comunemente* suggerito dal servizio assistenza. Questo serve come termine di paragone quando si vogliono confrontare le nuove possibili strategie con la pratica comunemente usata;
7. *conoscere la perdita di produzione media del programma antiparassitario comunemente utilizzato*;
8. *conoscere la quantità di residui presenti* sul frutto al momento della raccolta, attraverso analisi chimiche di laboratorio;
9. *costruire un grafico*, dove sull'asse delle ascisse metteremo la percentuale di perdita di produzione (frutti non vendibili) e sull'asse delle ordinate il costo del trattamento in termini di euro/ 1.000 m^2 (Fig. 69);
10. *determinare la soglia economica accettabile*: il punto 4 e 5 servono per determinare la soglia economica accettabile per un agricoltore.
    Le strategie che cadranno all'interno di tale soglia sono economicamente accettabili per l'agricoltore. Tutte quelle che escono da questa soglia, anche se più sostenibili dal punto di vista sociale e/o ambientale, non sono praticabili in quanto originano una perdita di produzione eccessiva o hanno costi troppo alti. Se

per esempio il costo medio del programma convenzionale è 40 euro/ 1.000 m^2 e la perdita di produzione media è pari al 5%, la soglia accettabile si posizionerà entro questi due dati. Secondo tale soglia, solo le strategie 1 e 2 sarebbero economicamente sostenibili (Fig. 69);

11. *inserire le strategie nel grafico*;
12. *si può anche differenziare le strategie in base ad una terza variabile*, per esempio la presenza di residui nei frutti. Possiamo dare un colore diverso o un simbolo. Ad esempio, con l'aiuto di una legenda (Fig. 69), si può indicare la strategia con dei simboli, in base alla quantità massima di residui rilevati nel frutto;
13. *interpretare il grafico:* il grafico così descritto permette facilmente di verificare se una strategia è economicamente accettabile,

Fig. 69 - Le diverse strategie di difesa indicate anche con il riferimento ad una variabile aggiuntiva (il residuo di fitofarmaco nel frutto)

prendendo in considerazione anche altri aspetti aggiuntivi non inglobabili nel calcolo di costi e benefici, come ad esempio il residuo di fitofarmaco, il miglioramento della shelf-life, benefici per l'ambiente, ecc.

In sintesi, per misurare la sostenibilità economica di una strategia di difesa bisogna stimare i risultati finali. Questo è possibile facendo una valutazione dei costi e benefici ottenuti con l'uso della strategia che si vuole analizzare, confrontandoli con quelli che si sarebbero potuti ottenere con un altro metodo di difesa, nella stessa struttura di valutazione.

La stima dei risultati finali è un passo importante, perché, in questo modo, i benefici economici, ecologici e sociologici derivanti dalla strategia di difesa, possono essere dimostrati e pubblicizzati e i dati ottenuti possono giustificare l'investimento economico fatto dall'agricoltore o il finanziamento di nuovi progetti e ricerche (Moser, 2005).
Tuttavia, rimane fondamentale rimarcare che per la totale sostenibilità economica di una strategia di difesa, il meccanismo di differenziazione ed un premium-price giocano un ruolo chiave: questi aspetti, infatti, sono fondamentali per garantire il giusto reddito agli agricoltori.

La ricerca e le prospettive future

I. Pertot, Y. Elad

Microrganismi antagonisti

La ricerca di alternative ai fitofarmaci chimici si sta movendo verso estratti naturali di piante e microrganismi isolati dall'ambiente, naturalmente antagonisti dei patogeni (Fig. 70), da produrre industrialmente e da applicare come normali trattamenti.

Gli organismi antagonisti possono esercitare un controllo biologico dei patogeni, riducendone il loro potenziale dannoso per la pianta, mediante meccanismi che comprendono la produzione di sostanze antimicrobiche, l'induzione di resistenza nella pianta, l'iperparassitismo e/o la competizione di spazio e nutrimenti.

Questi organismi vengono isolati in laboratorio (Fig. 71) e dopo, aver verificato la loro innocuità per l'uomo e l'ambiente, vengono studiati approfonditamente per verificare la loro migliore applicabilità e la possibilità di produrli industrialmente, mediante fermentazioni naturali.

Sono poi formulati in modo da migliorarne la conservabilità, la distribuzione con i normali atomizzatori e la sopravvivenza sulle piante.

I biofungicidi difficilmente saranno in grado di sostituire completamente i fungicidi chimici, poiché la loro efficacia è inferiore alle molecole chimiche e vanno applicati a precise condizioni ambientali, non sempre presenti nella coltura. Il loro utilizzo integrato però, potrebbe aiutare ad ottenere una sensibile riduzione dei pesticidi chimici. Per quanto riguarda l'oidio della fragola molti di essi sono in fase di sperimentazione, tra cui isolati di *Thichoderma harzianum, Bacillus subtilis*, e diversi lieviti. Tra gli estratti di piante più promettenti troviamo un derivato da *Reynoutria sachalinensis* (Milsana) e un preparato a base di Tea tree (Timorex).

Fig. 70 - prova di efficacia con un microrganismo isolato dall'ambiente su substrato artificiale in laboratorio

Fig. 71 Isolamento di microrganismi in laboratorio

Sistemi di supporto alle decisioni e modelli di previsione della malattia

Per ottimizzare l'impiego dei fungicidi, un approccio importante è di applicarli nel momento in cui possano esplicare la massima efficacia nei confronti del patogeno. Con pressione della malattia bassa o condizioni ambientali non favorevoli ci si può orientare verso prodotti naturali meno tossici, ma meno efficaci.

Nei momenti in cui il patogeno è più attivo si possono utilizzare prodotti più attivi, ma che per diverso motivo (residui, resistenza, ecc.) vanno limitati. Lo sviluppo e la virulenza dell'oidio dipendono, oltre che dalla presenza d'inoculo e dalla sensibilità varietale, dalle condizioni ambientali. Abbiamo già visto, infatti, come temperatura ed umidità siano i fattori più importanti nel determinare lo sviluppo della malattia.

Un ulteriore approccio per la riduzione dell'impiego dei fitofarmaci è dunque quello di stimare quando il patogeno è attivo nella coltura. La ricerca si sta orientando quindi anche all'individuazione del modello di sviluppo di questa malattia, in funzione delle condizioni ambientali. Questo modello integrato in un più ampio sistema di supporto alle decisioni, dovrebbe divenire quindi per l'agricoltore, uno strumento in più per la pianificazione dei trattamenti sulla fragola.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi del CAT, Claudio Agnolin e Alessandro Frontuto, per le preziose informazioni tecniche fornite e la revisione del testo. Le prove in campo sono state effettuate grazie alla collaborazione con APA Sant'Orsola. Il capitolo relativo alla sostenibilità economica è un estratto di una tesi di laurea svolta presso la Facoltà di Economia dell'Università degli Studi di Trento, sotto la supervisione della prof.ssa Roberta Raffaelli. Si ringraziano inoltre tutti i colleghi dell'Istituto agrario di S. Michele, del Volcani Center e i tecnici dell'APA Sant'Orsola che a vario titolo, hanno contribuito all'acquisizione delle informazioni riportate su questo testo.
Le ricerche e la stesura di questo testo sono state effettuate dal Centro SafeCrop, finanziato dal Fondo per la Ricerca, della Provincia Autonoma di Trento.

Letteratura citata

Amsalem L. *et al.* (2005). Efficacy of control agents on powdery mildew: A comparison between two populations. *IOBC/WPRS Bulletin*, 27, (8): 309-313.

ARE (2005). Sustainable development: definition and constitutional status in Switzerland Federal Office for Spatial Development. URL: www.are.admin.ch/are/en/nachhaltig/definition/index.html.

Barnett V., Payne R., Steiner R.A (1995). *Agricultural Sustainability: Economic, Environmental and statistical Considerations*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd: 278 p.

Daayf F., Schmitt A., Bélanger R.R. (1997). Evidence of phvtoalexins in cucumber leaves infected with Powdery Mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalinensis. Plant Physiology*, 113: 719-727.

European Commission (2001). A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimensions of Sustainable Agriculture and Rural Development. Agriculture Directorate- General. URL: http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/reports/sustain/index_en.pdf

FAO (1999). The Multifunctional Character of Agriculture and Land. Issues paper for the conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land. Maastricht, Netherlands, September 12-17, 1999. URL: http://www.fao.org/docrep/x2777e/X2777E03.htm

Gibbon D., Jakobsson K.M. (1999).Towards sustainable Agricultural Systems. In *Sustainable Agriculture and Environment: Globalisation and the Impact of Trade Liberalisation* (editors A.K. Dragun, C. Tisdell). Cheltenham, UK: Edward Elgar: 101-124.

Grainger J. (1968). Cp/Rs and the disease potential of plants. *Horticulture Research*, 8: 1-40.

Horst R.K., Kawamoto S.O., Porter L.L. (1992). Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease*, 76: 247-251.

Jarvis W.R., Gubler W.G., Grove G.G. (2002). Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. In: *The Powdery Mildews, A Comprehensive Treatise* (editors Bélanger R.R. *et al.*). St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society Press: 169-199.

Jhooty J.S., McKeen W.E. (1965). Studies on powdery mildew of strawberry caused by *Sphaerotheca macularis. Phytopathology*, 55: 281-285.

Jordan V.W.L., Richmond D.V. (1972). The effect of glass cloche and coloured polyethylene tunnels on microclimate, growth, yield and disease severity of strawberry plants. *Journal of Horticurtural Science*, 47: 419-426.

Kiss L. *et al*. (2004). Biology and biocontrol potential of *Ampelomyces. Biocontrol Science and Technology*, 14, (7): 635-651

Maas J. (1998). Powdery mildew. In: *Compendium of Strawberry Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society Press: 17-18.

Macchi E. (2004). Continua il declino della fragola. *L'Informatore Agrario*, (15): 89.

Macchi E. (2004). Per la fragola continua la crisi ma si può sperare nel futuro. *L'Informatore Agrario*, (27): 37-42.

Miller T.C. *et al*. (2003). Effects of temperature and water vapor pressure on conidial germination and lesion expansion of *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae. Plant Disease*, 87: 484-492.

Mitchell N.L., McKeen W.E. (1970). Light and electron microscope studies on the conidium and germ tube of *Sphaerotheca macularis. Canadian Journal of Microbiology*, 16: 273-280.

Molinari P., Vinante O. (2001). *La coltivazione della fragola e dei piccoli frutti in Trentino. Supplemento* ESAT Notizie, 12: 7-51

Moser R. (2005). *Potenzialità e sostenibilità dell'utilizzo degli agenti di biocontrollo nella coltivazione della fragola in ambiente montano*. Relatore prof. Roberta Raffaelli, correlatore dr. Ilaria Pertot. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Trento Facoltà di Economia e Commercio, Corso di laurea in economia e commercio, Dipartimento di economia: 161 c.

Nelson M.D., Gubler W.D., Shaw D.V. (1996). Relative resistance of 47 strawberry cultivars to powdery mildew in California greenhouse and field environments. *Plant Disease*, 80: 326-328.

Okayama K. *et al*. (1995). A simple and reliable method for evaluating the effectiveness of fungicides for control of powdery mildew (*Sphaerotheca macularis*) on strawberry. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 61: 536-540.

Pasini C. *et al*. (1997). Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. *Crop Protection*, 16: 251-256.

Peries O.S. (1962). Studies on strawberry mildew, caused by Sphaerotheca macularis (Wallr. ex Fries) Jaczewski, I. Biology of the fungus. *Annals of Applied Biology*, 50: 211-224.

Pertot I. *et al*. (2004). Use of biocontrol agents against powdery mildew in integrated strategies for reducing pesticide residues on strawberry: evaluation of efficacy and side effects. *IOBC/WPRS Bulletin*, 27, (8): 109-113.

Pretty J. (2003). Agri-Culture: Some Principles and Lessons for Sustainability. Cardiff Centre for Ethics, Law and Society. URL: http://www.ccels.cardiff.ac.uk/pubs/prettypaper.html

Raffaelli R., Moser R., Pertot I. (2004). Evaluation of the sustainability of strategies that include biocontrol agents to reduce chemical residues on strawberry fruits. *IOBC/WPRS Bulletin*, 27, (8): 105-108.

Regione Emilia-Romagna (2005). Lo sviluppo sostenibile.
URL: www.regione.emilia-romagna.it/programmambiente/principi.htm.

Rotem J., Aust H.J. (1991). The effect of ultraviolet and solar radiation and temperature on survival of fungal propagules. *Phytopathology*, 133: 76-84.

Rotem J., Wooding B., Aylor D.E. (1985). The role of solar radiation, especially ultraviolet, in the mortality of fungal spores. *Phytopathology*, 75: 510-514.

Spencer D.M. (1978). Powdery mildew of strawberries. In: *The Powdery Mildews* (editor D.M. Spencer). NY, USA: Academic Press: 355–358

Testoni A., Lovati F. (2004). La qualità delle fragole in rapporto alle aspettative dei consumatori e alle innovazioni di prodotto. *Frutticoltura*, 4: 47-53.

Tulasne L.R. (1856). Nouvelles observations sur les Erysiphe. *Annales Sciences Naturales. Serie Botanique*, 6: 299-324.

Verhaar M.A., Hijwegen T., Zadoks J.C. (1999). Improvement of the efficacy of *Verticillium lecanii* used in biocontrol of *Sphaerotheca fuliginea* by addition of oil formulations. *Biocontrol*, 44: 73-87.

Wilson M. (1997). Biocontrol of aerial plant diseases in agriculture and horticulture: current approaches and future prospects. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 19: 188-191.

Yarwood C.E. (1957). Powdery mildews. *The Botanical Review*, 33: 235–301.

Note biografiche

Ilaria Pertot

Dottorato di ricerca in protezione delle colture presso l'Università di Udine, lavora come ricercatrice presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige. Si è occupata di diagnosi ed epidemiologia di malattie da funghi, batteri, fitoplasmi e virus delle piante coltivate. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche sulla peronospora della vite e l'oidio della fragola. È docente del corso di patologia della vite nella laurea in viticoltura ed enologia presso il consorzio interuniversitario Università di Trento, Università di Udine ed Istituto agrario di S. Michele. Coordina l'unità di ricerca "valutazione del rischio" del Centro SafeCrop, presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige.

Riccarda Moser

Dottoranda in "Economics and Management" presso l'Università degli Studi di Trento, con un progetto riguardante la produzione di mirtillo in ambienti montani. Si è laureata in Economia e Commercio, percorso "Economia e Gestione dell'Ambiente", nel 2005 presso l'Università degli Studi di Trento, discutendo la tesi dal titolo "Potenzialità e sostenibilità dell'utilizzo degli agenti di biocontrollo nella coltivazione della fragola in ambiente montano". Dal 2004 lavora presso il Centro SafeCrop (Istituto Agrario di S. Michele all'Adige) dove si occupa di analisi di mercato delle colture minori e di impatto ambientale di nuove strategie di difesa delle colture.

Yigal Elad

Dottorato di ricerca presso la Hebrew University of Jerusalem, attualmente Senior scientist presso il Department of Plant Pathology, Agricultural Research Organization, Volcani Center, in Israele. Presidente della Commissione governativa israeliana "Riduzione dell'uso di pesticidi in agricoltura". Coordinatore di numerosi progetti di ricerca nel settore delle malattie delle piante in serra e sotto tunnel con particolare enfasi riguardo al controllo chimico, biologico ed integrato, epidemiologia, fisiologia e parassitismo Autore di numerosi brevetti europei ed internazionali nel settore degli agenti di biocontrollo. Ha sviluppato a livello internazionale una preparazione basata su agenti di biocontrollo nota con il nome di TRICHODEX (Makhteshim, Israel). Coordina l'unità "controllo dei patogeni" del Centro SafeCrop, presso l'Istituto Agrario di S. Michele.